

UNIVERSITE DU BENIN
LOMÉ

FACULTE DES LETTRES
ET SCIENCES HUMAINES

COLLECTION "PATRIMOINES" n° 6

TECHNIQUES DE METALLURGIE AU NORD-TOGO

PAR

HANS PETER HAHN



PRESSES DE L'UB
Lomé, 1997

COLLECTION "PATRIMOINES" *n* 6

TECHNIQUES DE METALLURGIE AU NORD-TOGO

**EN COUVERTURE : LES MAÎTRES-FONDEURS DE BANDJÉLI DEVANT
LE FOURNEAU CONSTRUIT EN 1988.**

**TEXTE ORIGINAL : HANS PETER HAHN, EISENTECHNIKEN IN NORD-TOGO,
MUNSTER, HAMBOURG 1993**

**TRADUCTION FRANÇAISE : F. AMEGA, S. GLITHO, L. KOUGBEGNA,
P. OLOUKPONA-YINNON, K. KOSSI-TITRIKOU**

MISE EN PAGE : RAOUL NICOUÉ AMOYI

"PATRIMOINES"

Cette collection "**Patrimoines**" - au pluriel, car elle est ouverte à toutes les disciplines - est destinée à mettre à la portée d'un large public (enseignants, étudiants, chercheurs, responsables administratifs, experts, mais aussi simples citoyens curieux de connaître leur pays) des résultats de recherche jusqu'ici peu accessibles.

Car beaucoup de travaux de qualité restent confinés à des notes non publiées, à des mémoires à très faibles tirages, à des articles de revues dispersées dans le monde et introuvables au Togo... Bien des travaux, récents ou anciens, disparaissent ainsi des mémoires, alors qu'ils seraient très précieux aux recherches en cours. Bref, on assiste à un véritable gaspillage des acquis.

C'est pour les sauvegarder qu'a été créée la collection "**Patrimoines**", pour produire des textes de valeur sous une forme et avec un prix qui soient abordables pour tous.

Jean-Claude BARBIER Nicoué L. GAYIBOR Yves MARGUERAT

Rappel des numéros publiés

- n°1 Yves Marguerat : *Dynamique urbaine, jeunesse et histoire au Togo. Articles et documents (1984-1993)*, 1994, 250 pages.
- n°2 Yves Marguerat : *Population, migrations, urbanisation au Togo et en Afrique Noire. Articles et documents (1981-1993)*, 1994, 200 pages.
- n°3 *Les Togolais face à la colonisation*, colloque sous la direction de N. L. Gayibor, 1994, 250 pages.
- n°4 *Togoville*.
A. Dossé : *Histoire d'une théocratie : Togoville des origines à 1914*,
A. de-Surgy : *Le roi-prêtre des Evhé*. 1995, 150 pages.
- n°5 Heinrich Seidel : *Lomé, capitale de la colonie allemande du Togo. Une image de la civilisation en Afrique de l'Ouest. -1898-*, 58 pages.

© PRESSES DE L'UB, Lomé 1997

BP. 1515 Lomé-Togo

ISBN 2-909886-35-2

© UB-Lomé

P R E F A C E

Les procédés techniques présentés ci-dessous reposent avant tout sur mes observations faites au Nord-Togo entre novembre 1988 et février 1989. Ce fut pour moi tout d'abord un heureux hasard, d'avoir réussi à établir avec le Chef de la localité de Bandjéji, *Tighankpa Binarbibé*⁽¹⁾, une relation personnelle qui permit à celui-ci d'apporter spontanément son soutien au projet de reconstruction d'un fourneau cylindrique, de choisir et d'embaucher des personnes qualifiées. Je voudrais pour cela le remercier ainsi que le préfet de Bassar qui a délivré l'"autorisation" officielle nécessaire.

Je ne suis pas le premier -au regard de l'importance suprarégionale considérable de la production du fer à Bassar- à essayer, à l'aide d'un modèle expérimental reconstruit, de documenter de manière plus précise ce procédé technique qui a été abandonné au début des années cinquante (cf. à ce sujet chapitre 1.1). En reconstruisant ce fourneau en novembre et décembre 1988, on a réussi pour une première fois à produire une certaine quantité de fonte brute qui a pu ensuite être travaillée à Tcharé. Toutes les phases de ce travail ont été fixées chronologiquement par la photo et par écrit⁽²⁾. A titre complémentaire, on a pu réaliser avec différents maîtres-fondeurs et forgeroris de différentes localités, des interviews au cours desquelles des questions précises sur l'économie et sur les formes de cet artisanat ont été débattues.

Mais, pour la compréhension technique, il est particulièrement important de procéder à des analyses chimiques et minéralogiques sur les matières premières aussi (fer, sables), sur les produits semi-finis (fonte brute), sur les déchets (scories) et sur les produits finis (objets fabriqués à base de fer). Seuls les résultats ainsi obtenus permettent de vérifier les informations fournies dans les diverses interviews à propos de l'importance technique des différentes phases de la

(1)*Tighankpa* est plus exactement le "régent" chargé, après la mort du "Chef" survenue l'année précédente, de gérer les affaires jusqu'à l'élection d'un successeur régulier. Un tel "régent" peut - comme le prouve le cas de Bassar - rester en fonction pendant plusieurs années, avant que toutes les personnes habilitées à voter s'entendent sur une personne.

(2) Compte tenu des moyens financiers limités, il ne m'a pas été possible de faire une documentation cinématographique comme celle déjà réalisée partiellement par Herbert & Goucher (1987).

transformation, et à propos des propriétés des matériaux. Je remercie ici monsieur le professeur Dr. H. Brand de la "Fachhochschule Gießen" et monsieur le professeur Dr. Krumm de l'Université de Francfort pour le soutien qu'ils m'ont apporté au cours de ces analyses qu'un ethnologue ne peut évidemment pas faire lui-même., Je remercie particulièrement Madame Dipl.Ing. I.Gräf de la "Technische Hochschule Darmstadt" qui a fait une analyse précise de la fonte brute.

Le présent texte traite essentiellement de deux domaines thématiques : Premièrement, il s'agit, sur la base des interviews que j'ai réalisées et des rapports antérieurs, de donner un aperçu des aspects économiques de cet artisanat au Nord-Togo. Même si jusqu'à présent, tous les auteurs ont souligné la grande importance supraregionale de la fabrication du fer, plusieurs questions de détails n'ont pas été clarifiées. A titre d'exemple, il y a les itinéraires et les stations intermédiaires utilisées par les Kabyè pour acquérir leur fer en provenance de Bandjéli. On ne peut comprendre l'importance économique éminente de cet artisanat pour les Bassar, que si on explique l'exportation du produit vers les groupes ethniques voisins et aussi vers d'autres ethnies encore plus éloignées.

Deuxièmement, il s'agit de situer le procédé de fonte, tel qu'il est pratiqué à Bandjéli, dans le contexte général de l'histoire des techniques de métallurgie en Afrique. A ce sujet, j'émetts l'hypothèse qu'au Nord-Togo, on fabriquait directement du fer -disons une sorte d'acier- qui représente, en ce qui concerne sa transformation dans les forges locales et sa qualité pour la fabrication d'outils aratoires, une matière première optimale. Il s'agit d'un métal hautement carburé dont la fabrication dans les fourneaux à coulage a été considérée comme impossible jusqu'à une époque récente, et n'a été démontrée qu'au cours des années soixante-dix pour des fourneaux à coulage d'Europe dont l'existence est prouvée par des fouilles archéologiques (Osann 1971). Pour les fourneaux à coulage d'Afrique, Van der Merve (1982) émet une hypothèse similaire qui trouve visiblement une éclatante confirmation dans le procédé de fonte utilisé à Bandjéli.

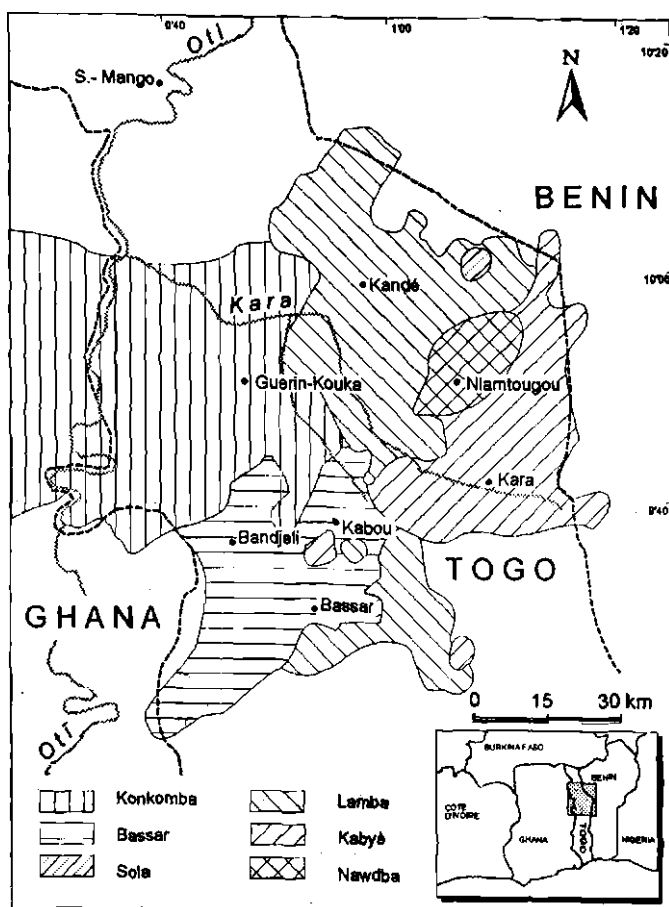
Dans cette étude, j'analyse non seulement les détails de la technique de construction de fourneaux, mais aussi les propriétés des outils des forgerons locaux en rapport avec leurs incidences sur la qualité du fer et en rapport avec leur efficacité. Ce faisant, je considère aussi cette technique hautement spécialisée comme un des fondements de l'éminente importance économique de la fabrication du fer chez les Bassar.

Il n'est pas possible de donner dans le cadre de cette publication un inventaire des objets en fer fabriqués dans la région. Une telle documentation détaillée qui représente un important complément pour les indications fournies ici

sur cet artisanat, a été déjà partiellement réalisée ailleurs⁽¹⁾ et va être faite bientôt pour d'autres groupes de la région.

Je voudrais remercier monsieur Wilhelm Schuster tout particulièrement pour ses précieuses suggestions et pour la relecture du manuscrit.

Carte n° 1



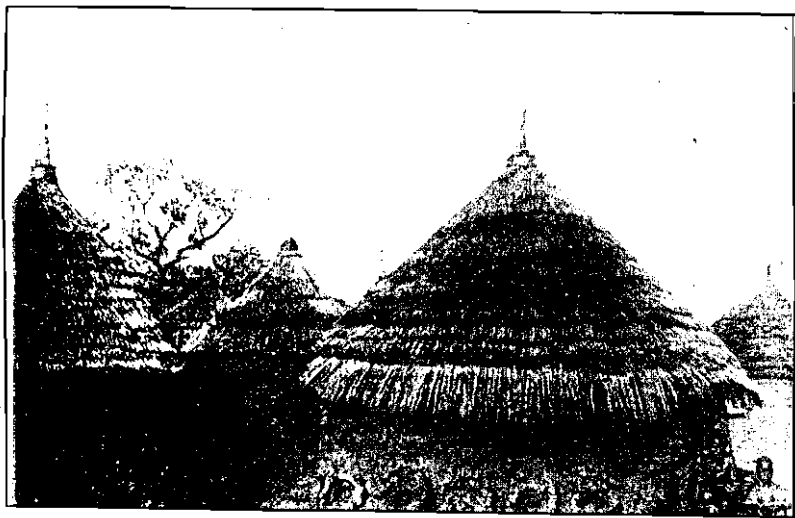
Carte des groupes ethniques mentionnés dans le texte.

(1) Hahn (1991)

Photo n° 1



Photo n° 2



1. INTRODUCTION : IMPORTANCE RÉGIONALE ET SUPRARÉGIONALE DES TECHNIQUES SIDÉRURGIQUES.

1.1 Aperçu de l'évolution historique de la fonte du fer

Les preuves les plus anciennes sur la fonte de minerai de fer au Nord-Togo sont fournies par les analyses archéologiques effectuées par de Barros qui est allé à la recherche systématique des restes de fourneaux à coulage dans cette région⁽¹⁾. Il est relativement facile de fournir ces preuves parce que le laitier et le charbon de bois se conservent particulièrement bien. De Barros a pu trouver des débris de laitier et de charbon de bois remontant approximativement à l'an 1000 après J.C.. Cependant, il n'est pas possible de dire si, sur le plan culturel et linguistique, la population de cette époque correspond aux Bassar qui sont décrits dans les sources écrites à partir du 19ème siècle⁽²⁾. Même si les opérateurs de la plus ancienne fonderie de fer ne sont pas connus avec plus de précision, il est prouvé sur la base des connaissances archéologiques, que leur technique de fonte est similaire à celle d'aujourd'hui.

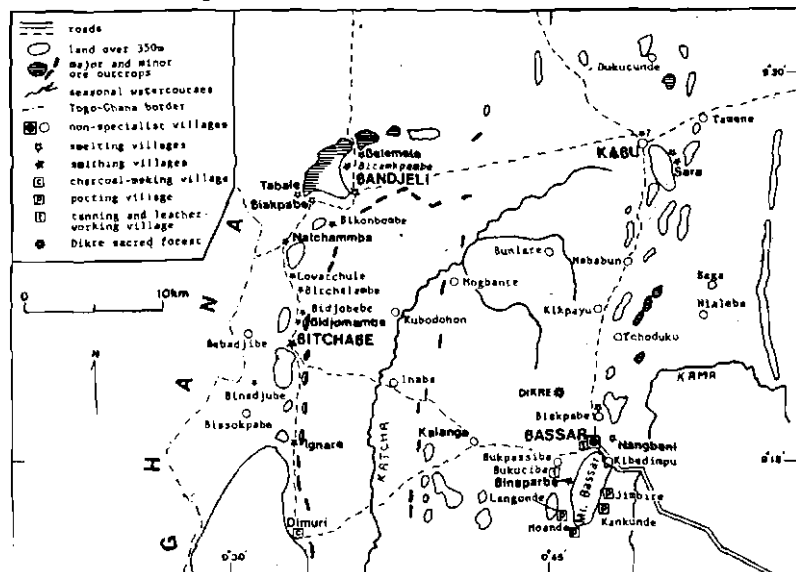
Sur la base des résultats de ses analyses archéologiques dont le but est d'inclure dans ses recherches tous les lieux de fonte existant dans la région, de Barros subdivise en quatre époques différentes d'activités métallurgiques la période allant du 1^{er} siècle à l'arrivée des Européens. Selon cette subdivision, l'époque la plus ancienne, celle allant de la fin du premier millénaire à l'an 1350 environ, est caractérisée par une fonte de fer en petite quantité. Pendant l'époque suivante, celle allant jusqu'à l'an 1550 environ, la quantité de fer produite

(1) de Barros (198S : 220-298). L'approche interdisciplinaire adoptée par de Barros qui a utilisé des méthodes aussi bien ethnographiques qu'archéologiques, conduit à des perspectives nouvelles pour la recherche historique dans cette région. Cependant, la corrélation entre les données archéologiques (les objets collectés sur le terrain) et les données ethnographiques (observation et description de l'artisanat) comporte encore des lacunes.

(2) Les sources écrites les plus anciennes sur les Bassar proviennent des premiers Européens qui ont parcouru cette région. Des traditions orales témoignent de l'existence de la chefferie à Bassar depuis le début du 19ème siècle. Cornevin (1962), sur la base de ses recherches approfondies sur la tradition orale des différents clans Bassar, a finalement émis l'hypothèse que ce groupe ethnique s'est formé à un moment quelconque au 16ème siècle par des immigrants venus des horizons les plus divers.

annuellement a lentement mais régulièrement augmenté, et c'est seulement après cela que commença une progression rapide qui dura du 16ème au début du 19ème siècle (Epoque III). De Barros suppose que cette progression est due à l'essor du commerce du fer. Enfin, la quatrième et dernière époque qui va jusqu'à l'arrivée des Européens, est caractérisée par de fortes fluctuations ponctuelles dans l'intensité de la production, ainsi que par l'abandon de différents lieux de fonte.

Carte n°2 : Lieux de fonte attestés par l'archéologie et par des sources subséquentes. (Extrait de : de Barros 1986).



Des diminutions passagères -par exemple dans les années trente du 19ème siècle- peuvent facilement s'expliquer par l'augmentation des rapt d'esclaves auxquels se livraient les Dagomba et les Tchokossi⁽¹⁾. A cette époque, certains lieux de fonte situés bien loin des montagnes furent abandonnés. De Barros y voit une relation avec la naissance de cette forme typique d'agglomération au pied de la montagne, propre aux Bassar⁽²⁾. En outre, on pouvait sans doute observer aussi à cette époque une professionnalisation poussée et une spécialisation (séparation du métier de forgeron de celui de métallurgiste ?). Il faut souligner que cette périodisation faite par de Barros dans ses analyses archéologiques ne tient compte d'abord que des

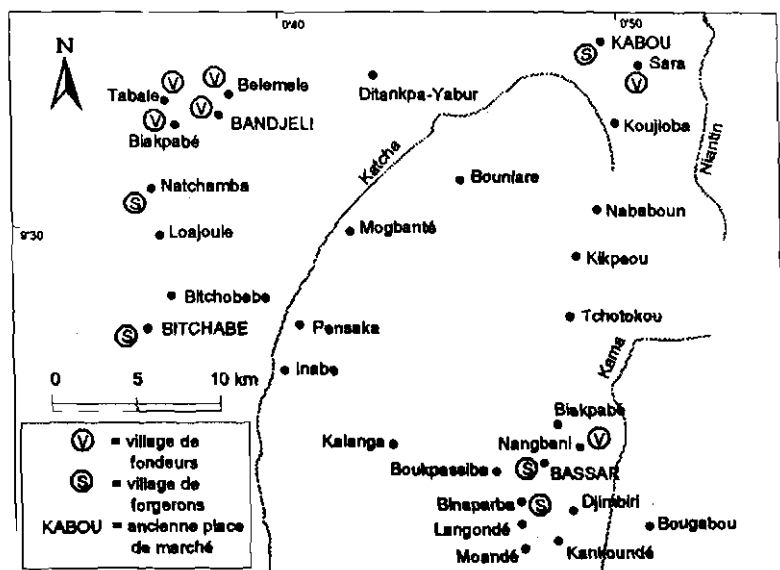
(1) de Barros 1986 :164ss.

(2) Jusqu'à nos jours les agglomérations des Bassar sont caractérisées par un modèle géographique particulier. Selon ce modèle, toutes les agglomérations se composent de plusieurs petits "quartiers" et sont disposées en cercle ou en demi-cercle au pied des quelques montagnes isolées qui peuplent la région. Les plateaux situés entre les montagnes sont utilisés pour l'agriculture, mais ne sont peuplés que par des ressortissants d'autres groupes ethniques qui y ont immigré récemment.

aspects relatifs à l'évolution économique, et ne peut pas être mise en relation avec une civilisation donnée qui pourrait être l'acteur de ces formes d'économie.

A l'arrivée des Européens, la production de fer avait atteint son point culminant : dans la seule région de Bandjéli se trouvaient à cette époque plus de 500 hauts fourneaux dont la plus grande partie fonctionnait régulièrement. Depuis le début de ce siècle, cette production ne cessa de diminuer pour, après 1950, être définitivement interdite par le gouvernement colonial qui voulait protéger la forêt⁽¹⁾.

Carte n° 3 : Lieux de forge et de fonte des Bassar



Villages des forgerons et fondeurs en pays Bassar.

(1) de Barros (1986 : 168) écrit à ce sujet : "This suggests that iron production grew throughout much of the nineteenth century and that peak production was reached during the late nineteenth and early twentieth centuries under German colonial rule. [...] Low-level smelting continued in the Bandjeli Region until the early 1950s, when it was forbidden by the French as deforestation control measure". J'ai eu l'occasion d'avoir au Togo un très long entretien avec le missionnaire P. Bannwarth qui vécut après 1950 dans la station missionnaire de Bassar. Il m'a assuré avoir vu encore à cette époque environ 50 fourneaux dans la région de Bandjéli (où il se rendait souvent à vélo pour y dire la messe). A cette époque, des soldats de la troupe coloniale de Bassar furent à plusieurs reprises envoyés là-bas pour y détruire tous les fourneaux qui s'y trouveraient encore. La dernière de ces expéditions punitives eut lieu en 1954.

Au sujet de la transformation du fer, c'est-à-dire le travail de la forge, on n'a pas pu jusqu'à présent recueillir des données tout aussi précises, puisqu'elles peuvent difficilement être fournies par l'archéologie. Cependant, on peut admettre qu'à proximité des lieux de fonte, au moins une certaine quantité de fer brut était aussi travaillée.

12 Fondements économiques

Les maîtres-fondeurs de Bandjéli

Quand on parle des fondements économiques de la métallurgie artisanale à Bandjéli, on peut avancer seulement des affirmations qui se rapportent à une époque récente, de 1860 environ jusqu'à l'interdiction des travaux de fonte. Pour la période antérieure, on ne dispose d'aucune source, et déjà, à partir de 1920 au plus tard, la fonte ne jouait plus un rôle économique prépondérant, les habitants de Bandjéli étant alors devenus des paysans à temps plein, comme d'ailleurs tous les Bassar dans les autres régions.

En tout cas, pour toute la région de Bassar, l'importance économique du fer fut très grande pendant une brève période à la fin du 19^{ème} siècle. Une production annuelle allant jusqu'à 200 tonnes⁽¹⁾ pendant cette période dépassait en tout cas de plusieurs fois les besoins intérieurs d'une population estimée à environ 55.000 âmes⁽²⁾. Pour cette période, on doit admettre que les maîtres-fondeurs jouissaient d'un niveau de vie beaucoup plus élevé que celui des paysans des villages environnants. Mais cette richesse - relative - était toujours directement liée aux facteurs suivants :

1. La sécurité des routes commerciales. Peu de temps avant l'arrivée des Européens, la région de Bassar était connue pour les attaques contre les caravanes haoussa et pour les affrontements armés⁽³⁾. Il est cependant clair que, seule une certaine sécurité dans le transport des marchandises rend possible le commerce en général, et par conséquent, l'exportation du fer. Mais cette contradiction peut sans doute être aussi considérée comme une

(1) "In short it would appear that Bassar iron production reached a peak of somewhere between 150 and 200 tons per year in the late 19th to early 20th centuries. [...] Period 4 average output figures range only from 42-98 tons per year" (de Barros 1986 : 168). Déjà, Luschan (1909 : 40,42) avance des chiffres correspondants. Il indique une production "d'une valeur annuelle estimée à environ 100.000 marks". Une loupe de 25 à 30 kg avait au début du 20^{ème} siècle, selon Luschan, une valeur de 6 à 12 marks. Cela donne un prix au kilo de 0,20 à 0,50 marks et, si on le rapporte à la valeur globale indiquée, une production de 200 tonnes par an.

(2) *Deutsches Kolonialblatt* 1901 : 55

(3) v. Doering 1895: 257

explication du fait suivant : avant que les Européens n'invitent les Haoussa à s'engager plus effectivement dans la région, le commerce du fer était essentiellement un commerce de détail dans lequel des ressortissants de groupes ethniques voisins s'approvisionnaient eux-mêmes chez les producteurs (cf. ci-dessous)⁽¹⁾.

2. Disponibilité en matières premières. Le facteur limitatif n'était pas le minerai de fer qui, mesuré aux capacités locales, était disponible en quantité illimitée, mais le charbon de bois⁽²⁾. Pour l'essentiel, il devait être obtenu de certaines essences dont les espèces naturelles s'épuisaient rapidement dans la zone de fonte, surtout pendant la période de production intensive. Il s'ensuivit un commerce de charbon de bois sur de grandes distances et son prix d'achat augmenta dans les mêmes proportions.
3. Réserves de main-d'oeuvre disponibles. L. M. Pôle est le premier à aborder la question du temps de travail nécessaire pour produire une certaine quantité de fer brut. Sur ce point, la technique locale de fonte à Bandjéli se révèle particulièrement efficace : pour de grands fourneaux qui travaillent avec un système naturel de vent coulis, on n'a presque pas besoin de personnel pour la combustion elle-même, sauf d'une personne qui intervient de temps en temps pour effectuer un contrôle⁽³⁾. Ce facteur devient surtout important, si on essaie de s'imaginer comment on pouvait faire fonctionner le nombre considérable de 500 fourneaux dans les environs d'un village où vivent 1000 à 2000 personnes. Même si une partie seulement de ces fourneaux sont en service, toute la population adulte mâle devait sans doute participer aux travaux de fonte. La question qui a récemment fait

(1) Martinelli (1982 : 78ss) s'exprime également de manière très critique sur la thèse selon laquelle des Haoussa auraient déjà participé au commerce du fer dans la phase précoloniale. Il fournit (p.85) un tableau de l'exportation du fer vers des groupes ethniques voisins seulement.

(2) Le difficile travail de fabrication et de transport du charbon de bois était assuré en grande partie par les femmes konkomba de Nawaré. Cand. Goucher (1985 : 65ss) a essayé de déterminer les besoins en charbon de bois à l'aide du volume de laitier constaté partout dans la région de Bandjéli. Elle parvient à une estimation des besoins annuels en charbon de bois nécessitant le déboisement d'environ 70km² de savane boisée. La zone d'approvisionnement pour le commerce du charbon de bois devait correspondre à cette dimension.

(3) "The procedure was quite different where larger furnace were used, [...] There, once the charge had been burning for some time the operators could leave the furnace unattended. [...]". Pole (1982 : 504) présente au même endroit un tableau selon lequel le nombre d'heures nécessaires par kilogramme de fer varie entre 8 et 93. Un type de fourneau à Akpafu techniquement similaire à celui de Bandjéli est celui qui nécessite le moins d'heures de travail. Les petits fourneaux pour lesquels il faut constamment faire marcher le soufflet de forge est celui qui nécessite le plus d'heures de travail. Je ne sais pas pourquoi Pole (1982), tout en se référant à Hupfeld (1899), omet pourtant de traiter plus en profondeur les fourneaux de Bandjéli que Hupfeld avaient déjà classés comme économiquement plus importants que ceux d'Akpafu.

l'objet d'un débat, à savoir pourquoi des femmes participaient aux travaux de fonte, apparaît alors sous un jour nouveau : elles étaient tout simplement requises, parce qu'il n'y avait plus de main-d'oeuvre disponible, en dehors d'elles⁽¹⁾. De pareilles formes de division du travail sont attestées par d'autres centres de fonderie en Afrique de l'Ouest : les travaux comme le ramassage et l'apprêt du minerai, qui ne devaient pas être faits à proximité immédiate du fourneau, étaient confiés aux femmes⁽²⁾.

4. Recul de l'acier de fabrication locale au profit de la ferraille en provenance d'Europe. Le fait que les colonisateurs aient d'abord achevé la pacification du territoire avant d'en entreprendre l'exploitation économique seulement une vingtaine d'années après, a conduit à une brève prospérité de la fonte dans les années 1900. Mais peu de temps après, la production de fer a diminué à cause de la matière première importée qui était beaucoup moins chère⁽³⁾. La concurrence entre la production locale et la ferraille en provenance d'Europe se tranchait sur le prix : dès que le fer était si bon marché que le prix du kilo ne pouvait plus permettre de payer la nourriture des artisans pendant la période où ils travaillaient aux fourneaux, ils étaient obligés d'abandonner les travaux de fonte.

Cependant un facteur important était aussi la qualité de l'acier de fabrication locale. On l'avait toujours classé meilleur par rapport à celui importé d'Europe⁽⁴⁾. Cette affirmation qui sera débattue plus loin dans la partie technologique du présent texte, peut être valable pour un bon nombre de produits des centres régionaux de fonte⁽⁵⁾. Pôle considère même que, à cause de la différence de qualité, les acheteurs étaient prêts à payer le métal de Bandjéli six

(1) A ce sujet, il faut réfuter le point de vue de Herbert et Goucher (1987) qui partent de l'idée que la participation des femmes était nécessaire au processus de fonte (pour des raisons rituelles). Malgré leur collaboration, les femmes n'avaient pas le droit par exemple de s'approcher du fourneau. Cf. à ce sujet paragraphe 2.1.2 aussi.

(2) Sassoon (1964 : 174) décrit par exemple la fonte chez les Sukur du Nord-Nigeria : "Women are entirely responsible for the collection and preparation of the ore. During the later part of the rainy season, they go to the sandy stream beds [...] and collect the black sands which, being heavier than the quartz sand, have been left behind on the surface by the storm water".

(3) Cette évolution qui se poursuivait jusqu'au milieu du siècle, fut interrompue par les deux guerres mondiales au cours desquelles on n'importa presque pas de ferraille d'Europe, ce qui fit immédiatement remonter la production locale.

(4) Goucher 1985 : 131ss.

(5) A ce sujet cf. aussi paragraphe 3.4. Les Haoussa (Krieger 1963 : 326) et les Sukur du nord du Nigeria constituent d'autres exemples. Sassoon (1964 : 174) rapporte à ce propos : "The people of Sukur had decided that the iron imported from Europe and available in markets made such poor quality tools that it would pay them to revive the smelting of their locally produced ores".

fois plus cher⁽¹⁾. Le missionnaire R. Fisch a décrit de façon succincte la situation des gens de Bandjéli dans la période autour de 1910 comme suit :

"Les gens de Bandjéli jouissent d'une certaine aisance, car la fonte du fer, même si elle est primitive, et même si elle utilise très peu les minerais de fer, fait entrer tout de même dans le pays de belles petites sommes et constitue en tout cas, vu le prix des denrées alimentaires actuellement en vigueur, une occupation très lucrative"⁽²⁾

Les forgerons de Tcharé (A ce sujet cf. aussi carte 5)

A propos de la situation économique des forgerons Kabyè, on ne peut malheureusement dire que peu de choses sur le plan historique. En effet, il manque presque totalement, pour la région des Kabyè, des documents anciens remontant au tournant du siècle, et qui peuvent équivaloir aux vieux documents sur les Bassar⁽³⁾. Même si les forgerons Kabyè ne devinrent jamais de vrais "industriels" comme ceux de Bassar⁽⁴⁾, il faut cependant supposer qu'à cause des compétences techniques (en particulier des connaissances dans la préparation du fer brut), ils jouaient le même rôle prépondérant, d'autant plus que leur relation l'un vis-à-vis de l'autre était celui de producteur à client⁽⁵⁾. On peut constater aujourd'hui encore les incidences de l'activité de forgeron à Tcharé, même si l'offre en ferraille comme matière première et la réduction de la clientèle ont certainement eu pour conséquence des changements dont on ne peut pas encore apprécier l'ampleur.

Une autre raison pour laquelle le forgeron avait déjà probablement à cette époque une position économique meilleure que celle des paysans des localités

(1) "In my opinion, it [= le remplacement de l'acier de production locale par du produit importé] was not until imported iron was cheaper than local iron by a factor of six that the preference for the local product was outweighed in such areas, because of the qualitative differences referred to above". (Pole 1982:508s).

(2) Fisch 1911 : 163.

(3) De cette période il n'existe que des rapports d'expéditions militaires contre les Kabyè. Les administrateurs coloniaux évitaient autant que possible de pénétrer l'inaccessible région montagneuse et préféraient créer de nouvelles agglomérations au pied des montagnes (par exemple Kouméa), mais qui ne furent acceptées qu'avec hésitation (et même pas du tout par les forgerons).

(4) Les forgerons Bassar font assurément partie de ceux qui ont le plus profité de l'intensification de la fonte vers 1900. Tout le fer qui, à cette époque, entrait dans le réseau du commerce avec les localités lointaines, devait en effet être d'abord apprêté. Frobenius (1924 : 24) écrit au sujet du rôle économique des forgerons à Bassar : "Les villageois que je viens de citer en dernier lieu étaient d'ailleurs les seuls qui s'adonnaient sans exception à l'activité de forge et ne pratiquaient pas du tout l'agriculture. Ces purs industriels achetaient leurs produits alimentaires sur les marchés. Ils étaient donc devenus particulièrement aisés et possédaient leur propre système de capitalisation".

(5) Le rôle social du forgeron chez les Bassar et chez les Kabyè est très similaire. Dans les deux cas, le forgeron est considéré et même envié à cause de sa richesse potentielle.

voisines, réside dans l'exclusivité du privilège social que conférait l'activité de forge, privilège détenu par certaines familles seulement à Tcharé et à Pya. Ainsi, les hommes de ces familles, seuls autorisés à exercer cet artisanat, pouvaient se partager un marché dont les besoins en lames de houes était relativement constants, ce qui leur assurait un "revenu" stable. Les forgerons Kabyè n'ont jamais été spécialisés autant que les maîtres-fondeurs de Bandjéli et les forgerons Bassar de Natchamba, et ils pratiquaient également l'agriculture.

Tableau : Prix du fer brut au tournant du siècle et des houes au tournant du siècle

(Tous les prix sont en c = cauris. Tous les auteurs donnent un taux de 1000 c pour un mark. Par contre, à la côte, la valeur a, paraît-il, été de 1 mark pour 5 à 6000 cauris.)⁽¹⁾

Hupfeld 1899b : 175	v.Zech 1896 : 137s	Klose 1904 : 344	FrobenJus 1913 : 457
disque de fer diam. 15cm, épais.5 mm 750c	plaque de fer (une livre) 1300c	plaques rondes diam.20cm épais.2mm 1300-1400c	loupes de fer "autrefois" 2-4000c "aujourd'hui" 6- 10000c ⁽²⁾ plaque ronde (disque) diam.20-25cm 1/2kg "autrefois" 400-600C

A titre de comparaison voici les prix de quelques produits agricoles :

Farine de mil : 100c

1 poignée d'arachides : 5c

boeuf : 25000c

chèvre : 2500c

mouton : 2500-4000c

poule : 500c

1 panier de mil (30-50l) : 500c

ignames (3 tubercules) : 100c

id.: 5c

id. .1 -2000c

id.: 300c

pintade : 500c]

(1) Dans le *Deutsches Kolonialblatt* (1901 : 58) on trouve une indication de taux, mais en monnaie européenne : " On produit de grandes quantités de fer à Baniery. Ici se trouvent environ 500 hauts fourneaux pouvant produire par jour du fer brut d'une valeur de 2000 marks. Ces pièces de fer sont achetées par les forgerons venant de Bassar et de Kaburé, qui les travaillent et leur donnent la forme d'une assiette qu'ils vendent à 0,50 mark". A propos du cours d'échange entre le cauri et la monnaie (p.60), il est dit ceci : "Le cauri en tant que monnaie de paiement perd de plus en plus de valeur. L'année dernière, 1600 cauris valaient 1 mark, mais aujourd'hui, 1000 cauris valent 0,50 mark". Mais à mon avis, les chiffres de production ci-dessus mentionnés ne peuvent pas être justes, puisque les fourneaux ne fonctionnaient qu'une fois par semaine. Par ailleurs, il faut considérer qu'une grande partie des fourneaux ne fonctionnaient pas régulièrement.

(2) Malheureusement, Frobenius ne donne aucun chiffre au sujet du nombre de lames de houes que l'on pouvait fabriquer à partir d'une loupe. Cependant, si on y inclue une certaine marge bénéficiaire, ses indications correspondent approximativement à mes observations pour la loupe obtenue en 1988 : le produit d'une fonte a pu donner du fer suffisant pour 10 à 15 lames de houe.

Dans beaucoup d'interviews réalisées à Bandjéli et Natchamba où j'ai obtenu des indications concordantes, on m'a décrit comment les forgerons Kabyè -certainement jusque dans les années cinquante- venaient voir les maîtres-fondeurs avec de l'argent ou jadis avec des cauris et attendaient que leur soit apprêtée la quantité de fer qu'il voulait et qui, en général, n'était pas disponible en réserve. A cause des dangers auxquels ils étaient exposés au cours de ces déplacements qui duraient souvent plusieurs jours, ils effectuaient ces voyages toujours en groupe. Seuls des clients plus fortunés pouvaient s'offrir des loupes entières, les jeunes forgerons qui ne disposaient pas encore de capitaux se contentaient d'un ou de plusieurs morceaux d'une loupe. Des apprentis-forgerons m'ont aussi rapporté que, lorsqu'ils participaient pour la première fois au voyage de Tcharé à Bandjéli, ils travaillaient comme manoeuvres affectés au soufflet là-bas dans les environs, chez les forgerons de Natchamba, et étaient payés au bout d'un certain temps avec un morceau de fer brut qu'ils pouvaient alors emporter chez eux.

L'acquisition du fer brut était ainsi la première grande marche à franchir dans la vie économique des forgerons de Tcharé. La matière première était chère, et à cette époque, son prix augmentait avec l'inflation que connut le cauris au tournant du siècle. Dans le tableau ci-dessus, je reprends quelques indications de prix tirées des ouvrages disponibles sur ce sujet, mais il faut aussi toujours prendre en compte la dépréciation du cauri et - à partir du tournant du siècle, la réévaluation de la monnaie européenne (cf. note n° 1, page 22).

Aujourd'hui encore, l'activité de forge chez les Kabyè est un artisanat bien coté, auquel les jeunes s'adonnent volontiers, puisqu'il rapporte par exemple plus que le salaire d'un employé de maison à Kara, la ville voisine.

Toutefois de nos jours, en raison de l'offre illimitée de matières premières presque gratuites, cela n'est possible que si les forgerons se regroupent et fixent entre eux la quantité de lames de houes à fabriquer par chacun, pour éviter ainsi une «surabondance» de l'offre. Même si la capacité de production de chaque groupement⁽¹⁾ est bien supérieure, l'activité de forge est interrompue dès qu'on a atteint un nombre de lames de houes préalablement fixé, ou bien les forgerons cessent le travail plusieurs jours dans la semaine.

(1) Un groupement de forgerons comprend toujours au moins trois personnes qui travaillent ensemble dans la forge. Outre le forgeron qui est aussi responsable de la vente des produits fabriqués, il y a deux ouvriers, l'un au marteau et l'autre au soufflet, pour un salaire fixe préalablement conclu. Les assistants sont souvent de jeunes parents du forgeron qui, de cette façon, apprennent en même temps le métier. Selon les renseignements des forgerons, une jeune femme aussi peut être employée au soufflet si elle se sent assez forte pour ce travail.

Un autre facteur important pour le prix du produit de la forge était constitué par le coût du charbon de bois. Dans les localités de forgerons en pays Kabyè, un sac de charbon coûte aujourd'hui, malgré l'amélioration des moyens de transport, trois fois le prix habituellement pratiqué dans les localités des plaines environnantes. Pour cette raison, les femmes des forgerons sont chargées dans plusieurs cas, de fabriquer elles-mêmes le charbon pour leurs maris, et pour cela, elles doivent séjourner plusieurs semaines dans la plaine où il y a encore suffisamment de bois.

Un autre phénomène -mais que je n'ai pas eu l'occasion d'étudier plus en profondeur- est l'activité commerciale pratiquée par les forgerons. Les forgerons entreprenaient des voyages commerciaux de plusieurs semaines, mais seulement pendant la saison sèche, quand on n'avait pas besoin d'eux pour les travaux champêtres et que la demande en lames de hoes dans les montagnes Kabyè avait atteint aussi son point le plus bas.

Des rapports datant des années trente⁽¹⁾ prouvent que des forgerons Kabyè étaient allés à bicyclette jusqu'à Dapaong au nord, et dans l'Akposso au sud, et même jusqu'au Ghana à l'ouest. Chez les Kabyè, ce sont les forgerons eux-mêmes qui portaient avec un chargement de lames de hoes, de couteaux, de castagnettes, de cloches et d'autres objets, et jusqu'aujourd'hui, on les trouve dans différents marchés de la région. Par contre, les forgerons Bassar vendent leurs produits sur les marchés les plus proches, notamment à des Haoussa qui, à leur tour, approvisionnent en marchandises métalliques une région plus vaste.

En outre, il y a pour les forgerons Kabyè un autre commerce florissant, celui des poules dans lesquelles on réinvestit immédiatement l'argent gagné. Au nord, les poules sont nettement moins chères qu'un peu plus au sud, si bien que sur le trajet Dapaong-Kara, on peut gagner déjà un peu d'argent, et encore plus si l'on peut apporter la volaille jusqu'à Blitta ou Atakpamé⁽²⁾. Ainsi, à leur retour, les forgerons ont déjà réalisé un bénéfice supplémentaire qui suffit aussi bien pour acquérir de nouveaux matériaux de travail que pour contribuer au ravitaillement général du ménage. Je ne sais pas si les forgerons parcourent aujourd'hui encore des distances plus longues que celles des marchés situés dans un rayon de un à deux jours de voyage. Par ailleurs, le rôle économique de ce commerce a aussi diminué, puisque entre temps, des gens spécialisés dans le commerce lucratif des lames de hoes se sont accaparé cette activité et achètent ces objets par lots de dix

(1) Marqueissac 1935 : 65.

(2) "Des colporteurs se chargent des hoes d'exportation (hoes à douille) et vont les vendre à Mango, à 200km au nord ; ils achètent sur place de la volaille qu'ils vont revendre à Koumassi ou à Accra [...]" (Fröhlich 1968 : 83).

auprès des forgerons, et utilisent le transport moderne que constitue le réseau de taxis-brousse. Aujourd'hui, les forgerons eux-mêmes vendent surtout les autres objets en fer qui sont achetés par les ressortissants des ethnies voisines⁽¹⁾.

13 Réseaux commerciaux proches et lointains

Les techniques métallurgiques en Afrique subsaharienne sont toujours en relation particulière avec le commerce régional, puisque la répartition régionale des mines de fer est souvent très inégale, et par conséquent, divers groupes ethniques sont obligés d'acheter du fer chez d'autres. La technique de fonte de certaines ethnies entraîne donc aussi le plus souvent l'exportation du fer vers les régions voisines proches ou lointaines⁽²⁾. Au Nord-Togo, selon les diverses traditions locales, les Konkomba, les Lamba et les Nawdba ne fabriquent pas leur propre fer. Pour les Kabyè et pour les Tem, il y a certes des indications selon lesquelles, dans les temps "les plus reculés", on fabriquait du fer, mais il n'y a aucune tradition locale qui se réfère à des personnes connues. Les forgerons Kabyè racontent que leurs parents et leurs grands-parents achetaient du fer brut à Bandjéli ou sur certains marchés de la région. Les Nawdba et les Ssola indiquent avoir toujours acheté leurs lames de hoes à Tcharé auprès des forgerons Kabyè. Depuis quelques décennies, les Lamba aussi achètent leurs hoes là-bas, depuis que les forgerons de chez eux ont arrêté de travailler. On peut donc suivre ici une chaîne de plusieurs maillons, dans laquelle, depuis le producteur jusqu'au paysan consommateur, au moins deux groupes ethniques sont en jeu. Le lieu de fonte le plus proche est situé dans la région de Tchamba⁽³⁾.

On trouve dans les ouvrages des cartes relativement différentes sur la zone d'exportation probable du fer des Bassar. Martinelli rapporte surtout le commerce avec les groupes ethniques voisins⁽⁴⁾. De Barros décrit une aire limitée par Djougou à l'est et Mango au nord, jusqu'à Kété et Atakpamé au sud comme celle

(1) Les forgerons Kabyè que j'ai observés aux marchés de Kabou, Namon et Guérin-Kouka proposaient à la vente un assortiment de lames de haches, de castagnettes, de couteaux et de pointes de flèches.

(2) Haberland (1961 - 199) montre des phénomènes similaires pour la région du sud de l'Ethiopie où certains groupes ethniques ne fabriquent absolument pas leur fer, et parfois n'ont pas de forgerons chez eux, et ne peuvent couvrir leurs besoins en outils que par le commerce.

(3) Selon un récit oral du missionnaire P. Bannwarth (1989). Cependant les traces de fonte que l'on trouve là-bas ne sont, jusqu'à ce jour, ni datées ni attribuées à un groupe ethnique précis. D'autres lieux de fonte très importants pour la région se trouvent au Ghana (Shaw 1969), au Sud-Togo chez les Akpafu et ethnies voisines (Hupfeld 1899 : 182, Rattray 1916) et au Bénin dans la région de Parakou (Dunglas 1942). Ceci fixe - tout au moins vers le sud - la limite extrême d'extension du fer de Bandjéli, puisque dans ces régions on utilisait le fer de fabrication locale.

(4) Martinelli 1982 : 85.

approvisionnée avec le fer en provenance de Bassar⁽¹⁾. Goucher considère Bandjeli comme un des quatre plus grands centres régionaux de production de fer en Afrique de l'Ouest⁽²⁾. Ces indications reposent souvent sur des rapports datant du début de l'époque coloniale. Les auteurs de cette époque avaient, en effet, grand intérêt à présenter en Allemagne l'importance économique du Nord-Togo, si bien que beaucoup de ces indications sont à considérer avec prudence⁽³⁾.

Dans quelle mesure les Haoussa par exemple participaient au commerce du fer, comme l'affirment souvent les premiers auteurs coloniaux allemands, cela n'est pas encore suffisamment clarifié.

Il est fort peu probable qu'ils se soient engagés dans le commerce du fer avant la période de pacification coloniale⁽⁴⁾.

Pour une meilleure compréhension du commerce du fer, il est nécessaire de différencier les formes de ce commerce. Pour ce faire, il faut distinguer entre l'exportation du fer brut acheté entre autres par les Kabyè⁽⁵⁾, et l'exportation des lames de houes forgées. L'achat des lames de houes forgées était plus simple pour la plupart des groupes ethniques établis à l'ouest, puisque leurs houes sont similaires à celles des Bassar⁽⁶⁾.

Les produits du fer ont toujours été vendus dans les marchés. Ceci est valable -pour les Bassar- autant pour la vente des lames de houes par les forgerons à des revendeurs que pour la vente des produits aux consommateurs dans les

(1) deBarros 1986 : 165, figure7

(2) Goucher (1985 : 7-10 et figure 1.1) mentionne pour l'Afrique de l'Ouest, outre Bassar, le Fouta Djallon, Mema et Taruga.

(3) Voici quelques exemples de ces rapports qui, en règle générale, étaient assez vagues :

"Les produits de forge de Bassari vont assez loin dans le pays, surtout vers le sud où Kété et Atakpamé sont vraisemblablement les points les plus éloignés" (Hupfeld 1899b : 174).

"C'est ainsi que le fer de Bassari s'exporte par exemple jusqu'à Tchaoudjo, Kabouré, Sansanné-Mango, Yendi, Salaga, [...] et même jusqu'au Dahomey [...]" (Meyer 1910 : 94).

"Les Tchayos viennent à Bassari pour y acheter des marchandises à base de fer -pour l'essentiel il s'agit de houes- qu'ils vendent ensuite sur les marchés de Adélé, Anyaga, Adjati et Pessi d'où elles sont ensuite déversées en masse pendant la période de culture des champs sur Akébou, Akposso et Tribou etc.." (v. Doering 1895 : 263).

(4) A partir de ce moment, on a particulièrement soutenu les activités économiques des Haoussa car, du côté de l'administration coloniale, on espérait tirer profit des taxes sur le commerce au Togo.

(5) Dugast (1988 : 268) considère comme un argument important pour cette forme de commerce les compétences techniques des forgerons Kabyè : "[les] forgerons du pays Kabyè voisin qui étaient les seuls, parmi les groupes limitrophes, à posséder un outillage semblable leur permettant de travailler eux aussi le fer brut".

(6) Le commerce de lames de houe ronde est décrit entre autres par v. Zech (1896 : 138) sur le marché de Bassar.

régions éloignées. Les forgerons Bassar proposaient leurs produits surtout sur les marchés de Bassar-Binaparba, Kabou et Natchamba⁽¹⁾. Ce dernier marché situé dans la région de Bandjéli, dans la localité de forgerons nommé Natchamba, était certainement le plus important de tous les marchés de fer⁽²⁾. Le marché de Kabou jouait un grand rôle dans le commerce avec les Kabyè⁽³⁾. De manière générale, on peut affirmer qu'à chaque localité de forgerons était rattaché aussi un marché. La seule exception est Bitcabé. Pour cette localité qui était autrefois en retrait des voies utilisées par les Européens, on ne trouve aucune source qui atteste de son existence à cette époque.

Par contre, les produits de la fonte étaient généralement achetés chez le producteur. Les forgerons Kabyè et Bassar venaient chez les maîtres-fondeurs attendaient que soit apprêtée une certaine quantité de fer. Il naissait ainsi des relations de clients à fournisseurs, si bien qu'un forgeron achetait toujours son fer chez un même propriétaire de fourneau. Parfois un forgeron n'était pas en mesure d'acheter une loupe entière, il se contentait alors de fragments d'une loupe⁽⁴⁾. Comme me l'ont affirmé des forgerons à Tcharé, il existait cependant dans le voisinage immédiat deux marchés (Yada, dans la région de Kara, et Hodo, ainsi s'appelle le marché de Tcharé) sur lesquels des détaillants qui devaient être des Kabyè ou aussi des Haoussa, revendaient des loupes.

A l'arrivée des Européens, la monnaie avec laquelle on payait le fer était le cauri (cf. liste des prix p. 16). Peu de temps, après le cauri a subi -suite à sa massive importation de la côte- une forte dévaluation qui n'a cependant pas affecté

(1) Hupfeld (1899b : 175) décrit deux marchés à Bassar: "Le commerce de détail se déroule sur les marchés qui s'animent quotidiennement de 4 à 6 heures, mais tous les six jours a lieu un grand marché; ce dernier a lieu le jour nommé Banyâ pour le marché situé à proximité de la station [= poste de l'administration coloniale]. Une autre place de marché se trouve à [Bi]Naparba" Ce deuxième marché était particulièrement important pour le commerce du fer. Cf. aussi à ce sujet Fisch 1911 : 170 (Photo 63).

(2) Trierenberg 1914 : 160 et Deutsches Kolonialblatt (1901 : 95) : "Le plus grand marché de fer est Binatyambé [=Natchamba]; y viennent les Konkomba, les Kaburé et les Kotokoli pour y acheter le fer indispensable au labour des champs".

(3) "Le marché de Kabou au débouché du pays Kabyè, devient un centre important dans le trafic régional des esclaves [...] et dans les transferts des produits métallurgiques". Martinelli 1982 : 79

(4) Selon un rapport de Frobenius (1924 : 24), la sécurité des voies commerciales évoquée plus haut et qui n'a été possible à grande échelle qu'après la pacification coloniale, a changé les formes du commerce entre les Bassar et les Kabyè : "Aujourd'hui, leurs forgerons [= des Bassar] sont des propriétaires de bétail, mais sont de loin bien moins importants que dans le temps passé, et depuis que le Dr. Kersting a rendu possible aux Kabrè, Losso etc. l'accès au marché de la loupe, la fortune de ces industriels baisse, et de même, ils reprennent comme les autres les outils aratoires et font leurs plantations comme leurs voisins".

le fer⁽¹⁾. Peu de temps après cela, on fit le commerce du fer avec la monnaie européenne. Les informateurs interrogés ont même pu donner des indications approximatives du prix que l'on payait quand ils étaient jeunes. Puisque la monnaie a changé plusieurs fois entre 1910 et aujourd'hui, et est toujours soumise à nouveau à une dévaluation, ces prix ne peuvent être valables que pour la période autour de 1950⁽²⁾.

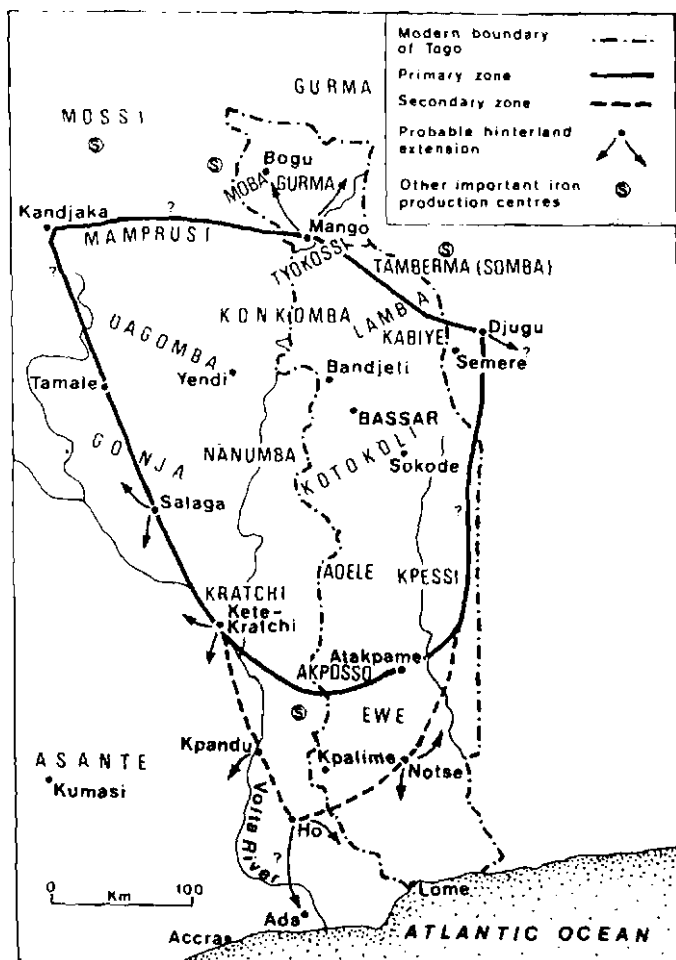
Avant l'importation du cauri comme monnaie, on doit s'imaginer un commerce de troc : la contre-valeur d'une loupe doit avoir été au moins la nourriture de 3 à 4 personnes pour une semaine. Cela fait plusieurs grandes calebasses de mil ou d'arachide, celle-ci était plus appréciée pour le troc à cette époque⁽³⁾. Le transport de ces biens constituait certainement un gros handicap pour le commerce en général.

(1) "La valeur actuelle [du cauri] est d'environ 2000 cauris pour 1 mark, alors qu'autrefois, on aurait sans doute eu 1000 cauris pour 1 mark. La valeur du cauri est en train de baisser alors que celle du fer est restée la même". (Frobenius 1924 : 23). Frobenius parle par ailleurs d'une "monnaie-fer" qu'il a observée chez les Bassar. Ces pièces en fer avec lesquelles on faisait du commerce, n'étaient peut-être qu'un phénomène passager par lequel on a cherché à éviter l'inflation du cauri.

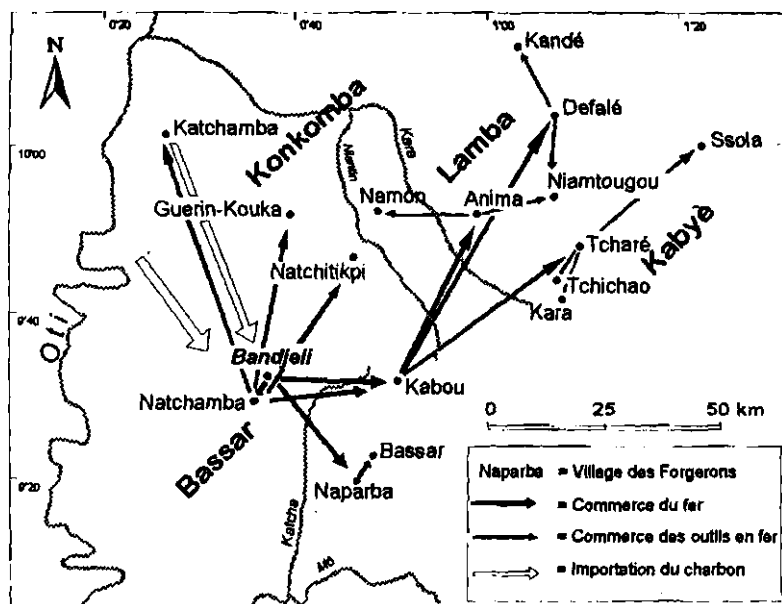
(2) Avec cette réserve, les personnes interrogées à Bandjéli et à Tcharé m'ont cité des prix d'une concordance et d'une précision étonnantes. Je ne peux donner aucune date précise -c'est là un problème général pour des données fournies par la tradition orale- au sujet de la période où ces prix étaient en vigueur. Mais il s'agit très vraisemblablement d'une époque postérieure à 1945, si l'on considère qu'à cette époque la guerre en Europe avait arrêté, pour une brève période, l'approvisionnement en ferraille et que le fer de Bandjéli avait alors, connu un essor soudain. Mes informateurs ont indiqué des prix allant de 500 à 700 F CFA pour des fragments de loupe d'environ 1 à 2 kg, et jusqu'à 10.000 F CFA pour des loupes vendues en entier.

(3) Fisch (1911) indique avoir payé fréquemment au nord avec des arachides.

Carte n° 4 : Zone approvisionnée en fer de Bandjéli. (Source : de Barros 1986.
 Cette carte fut confectionnée sur la base des vieilles sources coloniales (cf. texte)
 et donne une idée de la région probablement approvisionnée en fer de Bandjéli
 vers 1900.)



Carte n° 5 :



Relations commerciales du Fer au Nord-Togo.

2. PRÉSENTATION CHRONOLOGIQUE DU PROCESSUS DE LA FONTE ET DU FORGEAGE

21 Le déroulement des travaux à Bandjéli

Dès septembre et octobre 1988, j'ai demandé qu'on me montre dans la région de Bandjéli une série de vieilles fonderies où l'on pouvait observer des restes de fourneaux à coulage plus ou moins bien conservés. J'ai réitéré à cette occasion ma proposition de construire à nouveau un fourneau afin d'expérimenter cet ancien savoir-faire. D'ailleurs le fourneau bâti à l'occasion du dernier essai de reconstruction cinq ans auparavant s'était effondré au cours de la dernière saison des pluies et il fallait en rebâtir un nouveau de toute urgence pour les touristes qui viennent en visite toutes les semaines. En outre, le régent installé seulement un an auparavant s'est montré très coopératif, si bien que nous avons pu conclure après quelques négociations une sorte de «contrat», qui stipulait que j'obtienne une autorisation écrite du préfet et que je garantisse un salaire décent aux ouvriers qui participeraient à la construction du fourneau. Quant au régent, il prit à son compte de trouver des gens qualifiés pour ce travail et de les embaucher.

Au cours des négociations ultérieures, le nombre d'animaux à immoler que je devais fournir a été fixé et je fus chargé d'acheter au marché d'autres vives dont on avait besoin pour les diverses cérémonies rituelles⁽¹⁾. Lorsque j'eus accepté finalement la dernière condition qui voulait que j'habite pendant la phase de construction et de fonte dans la concession du chef de canton, située dans les environs immédiats du chantier, la construction du fourneau a pu enfin commencer.

Quatre hommes ont été retenus : Dayibou Bilame, le «doyen d'âge» qui, dans sa jeunesse, avait déjà personnellement exploité des fonderies, Meime Fatre, Wasmane Wadjo et Ankodjo Nassara ; aucun de ces trois derniers n'aurait pu

(1) Au cours de la construction du fourneau et de la fonte, on procède à toute une série de rites qui ne seront pas l'objet principal de cette présentation. Cependant, je les décris brièvement dans le contexte chronologique et je renvoie en ce qui concerne les détails dans ce domaine au film vidéo de Herbert et Goucher (1987) qui traite plus à fond de l'aspect sacré de la construction d'un fourneau. Les rites que j'ai observés sont en gras et en italique.

travailler sans les instructions du doyen d'âge que tous appelaient *ogbel* (père) ; pour cette raison, ils ne sauraient être considérés à vrai dire que comme des manoeuvres.

Les travaux duraient en règle générale de 6 heures 30 du matin à 10 heures ou 11 heures, à l'exception de quelques jours où l'on travaillait en plus l'après-midi de 16 à 18 heures. Souvent, on terminait les travaux autour d'un pot de bière de mil qui réunissait tous les participants. Ceci donnait l'occasion de discuter du travail effectué et des travaux prévus pour le lendemain. J'en profitais pour demander des explications sur la démarche suivie jusque-là et sur les phases à venir. Mais bien souvent les réponses n'étaient pas claires ou bien les indications fournies ne concordaient pas avec les travaux effectivement accomplis le lendemain. Je voudrais pour cette raison considérer à priori l'observation directe comme un instrument beaucoup plus fiable que les interviews menées parallèlement. L'observation directe s'est révélée être à plusieurs points de vue la méthode la plus sûre pour documenter le déroulement des travaux.

Je crois que ce n'est pas étonnant que / *'ogbel*, qui n'a plus exercé cette activité depuis des années, ne se souvienne d'un certain nombre de problèmes et détails techniques qu'en exécutant l'opération qui précède immédiatement. Les difficultés décrites ici montrent que la technique de fonte du minerai de fer est sur le point de tomber dans l'oubli et qu'il est important de documenter, tout au moins dans ses formes actuelles, ce savoir-faire devenu depuis longtemps un patrimoine culturel¹⁰ national.

Il sera donné ci-après, sous la forme d'un journal, le déroulement des travaux d'abord à Bandjéli, puis dans les localités de Tcharé et de Baaga qui y sont rattachées et où se pratiquent des activités de forge.

2.1.1 La construction du fourneau (Novembre 1988)

10. 11.

Les travaux débutent à l'aube par le ramassage des feuilles, d'humus et de matériaux meubles entassés dans une fosse peu profonde souvent utilisée auparavant et située à 50 m environ de l'emplacement prévu pour la construction du fourneau. De cette même fosse, on avait extrait de la terre les années précédentes pour la construction d'habitations. A l'aide de grandes houes, la terre argileuse et sèche comme de la poussière est hachée et réduite en morceaux de

(1) La fonderie de Bandjéli en tant que patrimoine togolais se trouve en cette qualité non seulement dans les guides touristiques du Togo, mais elle fait aussi l'objet d'un chapitre particulier du livre de géographie de la classe de quatrième des CEG entre autres.

1 cm de diamètre au plus. Les morceaux plus gros sont mis de côté. On m'a expliqué que les particules plus grosses ne s'amolliront pas assez rapidement, lorsque l'on y ajoutera de l'eau le lendemain comme prévu.

Les manoeuvres vont chercher sur divers restes de fourneaux situés dans les environs, des fragments de parois de vieux fourneaux, les réduisent de la même façon et les mélangent à la terre fraîche. Ces restes sont constitués en partie d'argile dure et sèche, en partie d'argile cuite au cours de la fonte et provenant de la paroi intérieure (si bien qu'on peut parler ici de réduction). La quantité d'argile est de 1 -1,5 m³ ; on comprend pourquoi certains auteurs⁽¹⁾ considèrent la présence d'argile dans les environs immédiats comme un facteur important dans le choix de l'emplacement ; c'est le cas ici au pied d'une petite colline. Le tas d'argile sèche à grain fin est abandonné simplement à la fin des travaux, à son sommet on met seulement une branche de l'arbre nommé *inagbul*⁽²⁾ qui sert à empêcher toute personne étrangère de s'approcher de l'emplacement.

11. 11.

Si jusqu'à présent le déroulement du travail ressemble beaucoup à celui de la construction d'une maison, ce matin les premières différences se font jour. Ce n'est qu'en maugréant que les manoeuvres se sont mis à puiser à la borne-fontaine⁽³⁾ située à proximité, l'eau nécessaire pour le mélange de l'argile. Les femmes, qui accomplissent cette tâche quand il s'agit de la construction d'une maison, n'ont ni le droit de participer à la construction du fourneau, ni même celui de s'approcher du chantier. Pendant toute la période de la construction du fourneau, l'abstinence sexuelle est de rigueur pour tous les participants. Le fourneau lui-même est considéré comme un être féminin, auquel les constructeurs doivent consacrer toute leur énergie. A l'aide d'une houe, l'argile est mélangée avec de l'eau, ensuite pétrie avec les pieds ; on en fait de grosses mottes qui sont ensuite disposées en un nouveau tas. Ce tas d'argile humide et compacte est de nouveau arrosée de quelques seaux d'eau, puis recouvert soigneusement de feuilles de teck. Pour terminer, le tas est à nouveau protégé contre toute personne étrangère à l'aide d'une branche rituelle (*inagbul*).

12. 11.

Ce jour est à considérer comme le début effectif de la construction du fourneau. Les jours précédents avaient été réservés aux préparatifs. Par contre,

(1) Par exemple Martinelli 1982 : 45.

(2) Cet arbre, dont je ne connais pas le nom scientifique, joue dans divers rites de protection un grand rôle. Il est aussi utilisé pour nettoyer les dents et ces écorces sont utilisées comme pansement cicatrisant sur les blessures.

(3) Cette fontaine, installée il y a quelques années par le «Corps de la Paix», est équipée d'une pompe à pédale.

celui-ci est particulièrement important parce qu'il a été fixé par un devin. D'abord, c'était le jour suivant qui avait été prévu, mais on m'informa la veille qu'un devin, consulté par le «régent», avait recommandé de commencer les travaux de construction dès le lendemain matin.

Ce matin-là, l'un des ouvriers coupe en petits morceaux la tige de *nsoom* (fonio = *Digitaria exilis*), déposée depuis deux semaines dans le vestibule du chef, ils mélangent ces morceaux à l'argile pendant que les autres pétrissent à petits coups la terre avec les pieds. Les habitants de Bandjéli ne cultivant pas le fonio, les tiges utilisées ce jour ont été spécialement achetées chez les Lamba des environs⁽¹⁾.

Pendant que deux hommes sont encore occupés à pétrir et à modeler des mottes d'argile de la grosseur de la tête d'un homme, les autres commencent à en transporter une partie sur le chantier. Ils entassent la terre dans les environs immédiats de l'endroit où le fourneau doit être construit, et où se trouvait auparavant le dernier fourneau dont les résidus avaient été enlevés quelques jours plus tôt.

A l'emplacement soigneusement nettoyé et légèrement surélevé d'environ 0,3 m, / 'ogbel était déjà occupé à tracer un cercle à l'aide d'un pieu planté dans le sol et d'une ficelle d'à peu près 50 cm. (Fig. 6). Le fourneau n'a aucune sorte de fondation. Le seul creux dans la terre est une petite rigole circulaire à l'endroit où se construira le mur du fourneau. Dans cette petite rigole, on dispose quelques fragments d'une ancienne paroi de fourneau. Avant le début des travaux proprement dits, tous les participants entrent dans le cercle. Le doyen d'âge répand sur les morceaux d'argile qui marquent le cercle, des bouts d'une racine (*belekunne*), des graines de sésame, les graines du fruit d'un autre calebassier (*kucakarbori*) et de petits cubes de «peau d'hippopotame»⁽²⁾. Finalement tous ceux qui se trouvent dans le cercle prennent une poignée de terre, la jettent en dehors du cercle et demandent à voix haute aux forgerons Kabyè de venir en ce lieu pour y acheter du fer. Le même rituel se répète et la même demande s'adresse aux Konkomba et pour terminer aux Blancs. Les Blancs sont en fait aujourd'hui le seul facteur économique, étant donné que pour chaque visite du fourneau, il faut payer quelque chose au «chef». (*1er rite*)

Avant et après cette cérémonie rituelle, le «régent» immole différents animaux sur l'autel situé devant la concession du chef, dans les environs

(1) Autrefois, cette céréale, dont la paille était utilisée uniquement pour la construction du fourneau, était également cultivée ici.

(2) Tous ces ingrédients ont été achetés quelques jours auparavant au marché.

immédiats du chantier. Bien que le «régent» ne participe pas directement à la construction, il suit, ce jour depuis l'aube, toutes les activités et donne le coup d'envoi des travaux par une libation de bière et l'immolation d'une poule blanche. Une deuxième poule blanche est immolée juste avant que ne soit tracé le cercle sur le chantier. Cette cérémonie est répétée une troisième et une quatrième fois par le «chef» à la fin de la pose de la première et de la quatrième rangée de mottes d'argile.⁽¹⁾ A chaque fois, on demande à l'esprit de l'autel d'intercéder pour que le travail soit couronné de succès, que le fourneau ne se fende ni en séchant ni plus tard lors de la combustion et qu'il produise du fer. (2^e rite)

C'est seulement à la fin du rite d'appel des clients potentiels que commence la construction du fourneau. Les manoeuvres prennent pour cela des mottes d'argile de la grosseur de deux poings et les aplatissent, elles n'ont alors pas plus de 3 - 4 cm d'épaisseur et à peu près la superficie d'une main tendue. Ils donnent celles-ci au doyen d'âge qui les dépose verticalement l'une après l'autre sur les bords du cercle. Les mottes d'argile sont légèrement inclinées en arrière par rapport à la direction du travail. Comme à partir de la quatrième rangée, la rangée suivante se fait dans le sens opposé, il se crée alors, vu de profil, une sorte de motif de mottes de terre en arêtes de poisson qui, selon les rangées, sont inclinées soit vers la droite soit vers la gauche (Fig. 4). Le constructeur de fourneau fait une rangée avec environ 40 mottes de cette sorte. Ce ne sont pas toutes les mottes que ses manoeuvres lui tendent qu'il accepte, certaines lui paraissent trop grosses, d'autres trop petites. Chaque rangée de mottes d'argile élève de 15 cm le mur épais de 10 cm environ (Fig. 7).

Nous venons de décrire ainsi la technique de la construction du mur, il ne reste plus qu'à ajouter que ce motif en arêtes de poisson n'est plus visible étant donné que l'on polit aussitôt la paroi extérieure de sorte que l'on ne distingue plus les jointures. Sur la paroi interne, on fait à l'aide du poing fermé une saillie qui forme à la fin de la rangée un anneau horizontal protubérant d'environ 3 cm. (Cette structure ondulée jouera plus tard un grand rôle dans la consolidation du crépissage. Voir Fig. 5)

A ce train le mur du fourneau atteint à midi une hauteur d'environ 65 cm. On saupoudre ensuite la paroi extérieure avec de la fine poussière d'argile sèche. Ce matériau, utilisé à la fin de chaque étape de la construction, constitue le seul enduit à l'extérieur du fourneau. Je suppose que la poudre d'argile est destinée à

(1) Bien que je n'avais pas la possibilité de connaître à fond les différents rituels des Bassar, je voudrais attirer l'attention sur le fait que les animaux à immoler de couleur blanche étaient souvent utilisés dans les cérémonies rituelles qui avaient un rapport avec la fécondité des femmes. On trouvera la description d'autres cérémonies rituelles de fécondité dans Hahn (1991).

absorber l'humidité excédentaire et en même temps à protéger contre un dessèchement trop rapide provoqué par une éventuelle exposition directe au soleil.(Fig. 8)

A la fin de la cinquième rangée, le fourneau encore «jeune» est enduit d'une poudre noire, utilisée chez les Bassar dans toutes les familles contre la magie noire et que l'on peut se procurer chez les marchands Haoussa. Au cours de cette cérémonie rituelle, / *ogbel* fait trois fois le tour du fourneau en tenant en main une petite corne d'antilope contenant cette poudre appelée *baraka*. Il creuse dans le mur trois trous de la profondeur d'une phalange et y introduit un peu de cette poudre (3^e rite)

Le soir du même jour la construction continue. A partir de 16 heures, les quatre constructeurs élèvent de quatre rangées supplémentaires le mur qui atteint maintenant au total en une journée une hauteur de 1 mètre environ. Après chaque rangée, le doyen d'âge, qui est le seul à poser les mottes d'argile, recule toujours de quelques pas pour examiner son oeuvre sous tous les angles. Dès maintenant, le léger rétrécissement du corps cylindrique se dessine et le constructeur prend soin de donner la même incurvation et la même hauteur à toutes les parties. Le rétrécissement du mur n'entraîne pas la réduction du nombre de mottes mais celles-ci deviennent de plus en plus petites, leur nombre par rangée atteint même vers le sommet du mur 45 à 50.

Ce jour est également le jour du marché de Bassar et je m'y rends à midi, mais je reviens à temps à Bandjéli pour la suite de la construction. Afin de s'assurer que le fourneau en construction ne subira aucun dommage à cause de moi, on m'asperge d'une décoction déjà préparée le matin à base d'une eau dans laquelle quelques feuilles d'un arbre appelé *butob* ont été malaxées. Une calebasse de cette décoction est gardée désormais sur le chantier pour éloigner du fourneau en construction, donc encore très sensible, les effets dus à l'impureté ou à la magie noire, et l'on en asperge toute personne étrangère avant qu'elle ne s'approche du fourneau, pour annihiler son influence peut-être néfaste. On conserve cette calebasse juste à côté du fourneau, et dès que la porte est pratiquée dans le mur, en permanence à l'intérieur de celui-ci. (4^e rite)

Cette journée importante s'achève par une autre cérémonie rituelle : le fourneau «en croissance» est nourri avec divers ingrédients utilisés pour préparer la sauce, les mêmes que les femmes utilisent pour faire la cuisine. Le doyen d'âge tourne à pas lents un certain nombre de fois autour du fourneau et répand une portion des graines et des feuilles séchées cités ci-dessus dans les jointures des mottes d'argile de la dernière rangée. Au cours de cette cérémonie simple, / *ogbel* ne parle pas, il vérifie soigneusement s'il ne lui est pas arrivé d'oublier un endroit.

D'ailleurs personne ne lui prête attention ; les manoeuvres sont déjà rentrés chez eux à la tombée de la nuit. (5^e rite)

13. 11.

Le lendemain, la construction du fourneau avance à grands pas. Les travaux commencent par le pétrissage du matériau, et ce faisant on y incorpore le reste de paille de fonio et les mottes de terre sont transportées sur le chantier.

Au cours de la matinée, on érige une autre partie du mur, constituée de 5 rangées de mottes. Ce jour, c'est ainsi qu'en ont décidé les constructeurs, le mur doit être achevé. Un facteur de ralentissement de la construction est la lenteur du séchage de l'argile qui comporte un certain risque d'effondrement. Si le constructeur estime que le matériau de construction est trop humide, on fait une pause d'une demi-heure pendant laquelle les mottes préparées reposent dans la poussière sur le sol pour perdre de cette façon une partie de leur humidité. A midi, pour clore cette phase, la paroi extérieure est saupoudrée de poussière comme on l'avait déjà fait la veille sur les rangées inférieures.

Le soir, après 16 heures 30, on s'attaque à la quatrième et dernière rangée du «gros oeuvre» ; le mur dépasse maintenant 1m50. L'un des manoeuvres apporte un vieux mortier qu'il retourne et pose contre le mur pour servir d'escabeau au doyen d'âge et lui permettre de poser de manière régulière les mottes et de les jointoyer des deux cotés. La nuit commence déjà à tomber, *l'ogbel* interrompt donc les travaux et déclare qu'à cause de l'humidité du matériau les rangées restantes de mottes ne pourront être posées que le lendemain. On clôt les travaux de ce jour en saupoudrant encore de poussière d'argile la paroi extérieure.

L'ogbel réussit à monter les murs du cône sans rien d'autre que son oeil qui lui sert de compas pour les incliner de manière régulière. La hauteur totale n'est pas nécessairement déterminée par le diamètre au sol, et ceci se remarque aussi dans les schémas de vieux fourneaux dont les murs sont tantôt raides tantôt inclinés⁽¹⁾.

Ce jour, il y eut une petite discussion entre le doyen d'âge et le «régent» parce que ce dernier voulait un fourneau beaucoup plus haut que celui que le doyen d'âge envisageait. On apporta une vieille échelle en bambou solide aux branches

(1) Je crois qu'il est clair qu'un fourneau ayant des parois très raides produit au moment de la fonte plus de fer et ce à cause d'une contenance en minerai plus grande. Mais, dans le même temps, il est plus difficile de contrôler la température pour de grandes quantités de combustible et de minerai pendant la combustion. On trouve de tels hauts fourneaux sur de nombreuses illustrations. Ils virent le jour à une époque où le fer a été fondu beaucoup plus fréquemment et que les constructeurs avaient acquis pour cette raison une plus grande routine.

latérales courtes qui devait déterminer la hauteur, mais *l'ogbel* maintint celle qu'il avait prévue. L'origine de cette discussion était peut-être l'offre que j'avais faite aux constructeurs d'augmenter ma rémunération s'ils réussissaient à produire une quantité acceptable de fer. Pour le doyen d'âge, le succès de la fonte était plus vraisemblable avec un «petit» fourneau, quant au «régent» qui espérait des recettes de groupes de touristes armés d'appareils photo, il attachait plus d'importance à la silhouette du fourneau qui devrait être aussi impressionnant que possible.-

Finalement, à la tombée de la nuit, le gros oeuvre inachevé, d'une hauteur de deux mètres environ, est toujours là et l'échelle en bambou le dépasse d'au moins un demi-mètre, mais on n'en parle plus.

14. 11.

Le matin de bonne heure, les constructeurs du fourneau posent les trois dernières rangées de mottes d'argile et polissent le sommet du mur en lui donnant, à l'aide d'un petit bâton, un profil rectangulaire. Cette opération est suivie du saupoudrage systématique de toute la paroi extérieure avec de l'argile à grains fins, il faut remarquer ici que le matériau appliqué les jours précédents était presque entièrement mouillé par l'humidité du mur. Au cours de ces travaux, arrive un minibus rempli de touristes désireux de regarder le fourneau. Le chantier est à ce moment un endroit tabou, interdit tout particulièrement aux femmes. Nous nous efforçons pour cette raison de tracer avec des branches qui traînaient, une frontière bien visible que nous prions les visiteurs de ne point franchir⁽¹⁾. *L'ogbel* se dirige vers le groupe et asperge leurs chaussures avec cette décoction de défense pour conférer au fourneau une protection supplémentaire contre la magie noire et les autres effets néfastes qui viendraient des visiteurs.

Après ce petit intermède, les travaux de construction du fourneau continuent. Le doyen d'âge va prendre dans le vestibule du chef un fagot de bâtons spécialement conçus pour mesurer les trous d'aération du fourneau (*mpulio*). Mais il mesure d'abord la largeur et la hauteur de la porte semi-sphérique du fourneau par laquelle la loupe sera récupérée. Sa hauteur atteint deux fois, sa largeur au maximum trois fois la largeur d'une main. Selon les explications du doyen d'âge, la porte du fourneau se situe toujours sur le côté nord-ouest par rapport à la base du fourneau, du côté protégé contre la pluie et le vent. Ce jour, on se contente de dessiner du doigt cette porte dans l'argile humide. Ensuite, il commence à

(1) Les touristes, un groupe hollandais, se rendent compte de ma présence en tant que Blanc parmi les autochtones et sont étonnés de me voir aussi prendre des photos quand eux-mêmes se saisissent de leur appareil photo. Tous sont satisfaits des explications générales du guide officiel venu avec eux. Aucune question n'est adressée aux habitants du village dont certains parlaient français, ni à moi-même. Le «régent» encaisse du groupe 2.000 F C F A pour cette visite «silencieuse».

disposer, inclinés sur la paroi, 11 des 12 bâtons qui ont respectivement une longueur de 50 cm et un diamètre de 3 cm, et à les distribuer en cercle de manière à ce que leurs extrémités supérieures marquent la position des trous d'aération. Après plusieurs essais, il dispose les bâtons à une distance régulière de 35 cm environ l'un de l'autre et en examine la régularité avec un brin de paille (Fig. 9). Aux endroits destinés aux trous d'aération, des cercles de 8 cm environ de diamètre sont dessinés avec le doigt dans l'argile humide. Les bâtons sont retirés et aussitôt rangés dans le vestibule du chef.

Entre-temps, l'un des manoeuvres a apporté une machette («coupe-coupe») que le doyen d'âge, par précaution, purifie rituellement avec la décoction. A l'aide de ce coupe-coupe, on creuse avec précaution le trou donnant sur le sud-est, en direction du soleil levant. Pour les autres trous, on enlève peu à peu de l'extérieur quelques centimètres d'argile, on ne les perce pas, étant donné que selon les explications de *l'ogbel*, les risques d'effondrement du mur encore humide existaient toujours. Par l'un des trous déjà ouverts, appelé *npullondaan* (= maître des trous d'aération), l'air peut mieux circuler à l'intérieur du fourneau et accélérer ainsi le processus de séchage. Les travaux sont terminés ce jour à 11 heures déjà.

15. 11.

Ce matin, le début des travaux est marqué par le perçage, à l'aide du coupe-coupe utilisé la veille, des 10 trous d'aération restants dont la position avait déjà été marquée. Ensuite, l'un des manoeuvres se met à découper la porte du fourneau en suivant la ligne tracée. Ce faisant, on ne pratique qu'un petit orifice par lequel on peut passer les mains pour pouvoir extraire du mur la porte massive. (Fig. 10)

Il s'ensuit une discussion entre *l'ogbel* et le «régent» sur le nombre et la position des trous d'aération. Leur nombre total doit s'élever à 12, d'après la répartition faite jusqu'à présent, il n'y en a qu'un dans la porte et ceux qui suivent immédiatement à droite et à gauche se situent à 2 - 3 cm seulement du bord de la porte. Visiblement, il y a ici une erreur que *l'ogbel* aussi doit reconnaître, et ces trous d'aération dangereusement proches de la porte sont aussitôt bouchés avec de l'argile fraîche ; en revanche on devra installer plus tard dans la porte trois tuyères⁽¹⁾ avec des intervalles plus réduits que pour les autres.

En corrigeant ces fautes, on redresse également les bords de la porte qui présentent des inégalités, et on dégage l'intérieur de la sole du fourneau où des morceaux d'argile sont tombés pendant la construction du mur. Le matériau excédentaire est dégagé du chantier et transporté dans la fosse à argile et les hommes nettoient le chantier et la sole du fourneau avec un balai.

(1) C'était sans doute auparavant la règle, ainsi que le rapporte Bérard (1953 ; 233).

Pour clore les travaux de cette journée, la porte du fourneau est soigneusement fermée avec des pierres de taille, étant donné que le gros oeuvre doit sécher quelques jours avant qu'on puisse procéder au revêtement des parois intérieures. Devant le petit mur de pierres destiné à barrer l'accès à l'intérieur du fourneau aux enfants et aux animaux domestiques, on dépose en plus la branche de l'arbre appelé *inagbul*, utilisé auparavant pour protéger le tas d'argile.

20. 11.

Ce jour, on prépare seulement le matériau de crépi, destiné à recouvrir la paroi interne. Il s'agit du même matériau employé pour la construction du fourneau, mais on y recherche soigneusement la présence éventuelle de gravillons après avoir recueilli l'argile de la fosse à argile. Étant donné que le crépi ne forme qu'une fine couche sur la surface de laquelle toute inégalité dérangerait, tous ces gravillons doivent être enlevés. L'argile, en quantité beaucoup plus réduite que la première fois, est trempée et pétrie avec les pieds. En outre, le tas est couvert de feuilles et protégé par une branche rituelle jusqu'à sa mise en oeuvre le lendemain.

21. 11.

Comme l'argile préparée la veille, une fois transportée sur le chantier, ne semble pas suffire pour le crépi, il faut d'abord apprêter encore de l'argile ce matin.

Les travaux sur le gros oeuvre presque totalement sec maintenant recommencent, après que l'on eût retiré le mur de pierres, en enlevant du sol une couche d'environ 10 cm de profondeur. Pendant que les autres sont encore occupés à apporter de l'argile fraîche pour le crépi et à dégager le fourneau du matériau qu'ils avaient pioché, *l'ogbel* récupère dans les ruines d'un vieux fourneau des environs une calebasse pleine de laitier (*tigin*) solidifié dans sa coulée. Ces morceaux de laitier constituent la couche inférieure dans le trou peu profond, creusé à l'intérieur du fourneau. Je suppose qu'il s'agit d'un acte rituel dans la mesure où le laitier à cette place n'entre pas en contact avec les matériaux de la fonte à l'intérieur du fourneau. Pour finir, le doyen d'âge demande qu'on lui apporte encore une fois les grains et les ingrédients avec lesquels le fourneau avait déjà été nourri. Il répète ainsi la cérémonie rituelle de «la nourriture», en posant les ingrédients entre les morceaux de laitier qui ne forment qu'une mince couche dans la sole du fourneau. (6^e rite)

La sole du fourneau à proprement parler est constituée à partir de morceaux de paroi de vieux fourneaux, apportés par les manoeuvres. Ces morceaux de dimensions diverses comprennent aussi bien de l'argile molle que de l'argile cuite, ils sont très durs et constituent par conséquent au plan technique un bon support capable de porter, sans se déformer, le contenu déjà pas très léger du fourneau. La

sole ainsi créée à l'intérieur du fourneau, a une pente bien visible vers la porte. Toutes les couches qui y seront ajoutées plus tard conserveront cette pente. Elle a un rapport avec l'extraction du laitier qui sort en suivant la pente ainsi créée

Enfin, l'argile préparée et apportée auparavant est modelée. Pour cela, l'un des manoeuvres s'est procuré des écorces d'un arbre particulier (*nyoon*) qui sont battues entre deux bûches, macérées avec de l'eau dans unealebasse jusqu'à ce qu'en sorte une substance gélatineuse. L'écorce peut être ensuite jetée et l'argile est plongée dans cette décoction visqueuse qui la rend encore plus molle. Le doyen d'âge explique que les propriétés adhésives de cette solution pourraient rendre le crépi plus collant. Comme je ne connais pas la composition chimique de cette décoction et que je ne puis pas estimer le pourcentage qui en a pénétré l'argile, je laisse ouverte pour le moment la question de savoir quelle en est la fonction⁽¹⁾.

L'ogbel, muni de ce matériau de crépissage, se rend, en rampant par la porte, à l'intérieur du fourneau et applique une couche de 3-4 cm d'épaisseur sur les moulures annulaires et protubérantes par rapport au mur. Par l'inégalité extrême de ce support et par le fait que le doyen d'âge introduit du matériau dans chaque creux, on obtient un crépi très adhérent dont on polit la surface du plat de la main. Ce polissage s'exécute avec un soin particulier. Il est facile de s'imaginer qu'à cause d'une inégalité éventuelle, le combustible reste coincé dans le fourneau au lieu de couler sans entrave vers le bas, rendant ainsi tout le processus de combustion irrégulier. (Fig. 11)

Au cours de la matinée, le constructeur de fourneau crépit de l'intérieur et du bas vers le haut toute la paroi pendant que les manoeuvres ne cessent de préparer du nouveau matériau en y mélangeant de l'argile et en envoyant le produit à l'intérieur du fourneau. Enfin, il arrive presque à la limite supérieure et continue son travail de l'extérieur en se tenant debout sur une échelle. Non seulement toute la paroi intérieure mais aussi le bord supérieur et les 30 cm de la face extérieure reçoivent une couche de 3 cm environ. Pendant que *l'ogbel* continue de travailler debout sur son échelle, l'un des manoeuvres dégage, en bas, les restes de crépi des trous d'aération et en polit de la main l'intérieur. Enfin la sole du fourneau reçoit aussi une mince couche de ce matériau de crépissage qui égalise en premier lieu les joints entre les morceaux d'argile et la pente due à la fondation.

(1) Ici se pose une question fondamentale, notamment celle de savoir quelles sont les caractéristiques et les propriétés de tout le procédé de fonte qui peuvent être considérées comme fonctionnelles, selon notre compréhension de la technique et lesquelles ne le peuvent pas. Je donne aussi souvent que possible l'interprétation des spécialistes de la place, celle de *l'ogbel*. Cependant je présenterai sur la base de la technique européenne du fer au 3ème chapitre des hypothèses ressortant d'une analyse plus exacte et concernant la signification de certains détails.

Les travaux de la matinée s'achèvent ainsi et ce n'est que vers le soir, quand le crépi est un peu sec, qu'ils reprennent. Afin que le crépi frais ne sèche trop vite et ne se fendille, on couvre le fourneau avec une tôle⁽¹⁾. Avant la pause de midi, le «régent» immole une autre poule et fait une libation d'un peu de bière au grand autel devant la maison du vieux chef et demande à haute voix que l'entreprise soit couronnée de succès. On verse une petite quantité de la même bière devant le fourneau et on répète la même formule que précédemment. A la fin, les constructeurs de fourneau peuvent prendre le reste de cette bière. (7^e rite)

Dans l'après-midi, deux des manoeuvres se rendent dans le lit d'un ruisseau pour en rapporter du sable. Ce sable de couleur sombre, légèrement teinté de rouge (*lisal*) constitue le matériau de construction le plus important utilisé dans le crépissage de l'intérieur du fourneau. Pendant ce temps, *l'ogbel* s'occupe de colmater une fente survenue entre-temps à la base du fourneau. D'abord, il agrandit la fente à l'aide d'un couteau, ensuite, il y verse un peu du liquide visqueux ayant servi aussi pour le crépi et il ferme le joint avec une petite quantité du matériau qui avait été préparé pour le crépi. Puis il saupoudre la surface de cet «assemblage» d'argile avec de la poudre d'argile sèche afin que l'humidité excédentaire puisse être absorbée.

Dès le retour des manoeuvres avec le sable, celui-ci est tamisé dans de grands paniers⁽²⁾, ensuite mélangé à de l'eau et soigneusement pétri. Le matériau ainsi obtenu présente certes, des grumeaux, mais il n'adhère pas du tout, contrairement au crépi utilisé ce matin. L'on revêt avec ce sable humide la paroi interne du fourneau et toutes les parties crépies. Il ne reste plus qu'à battre soigneusement cette dernière couchée avec des battes en bois (*licambeel*)⁽³⁾. Ceci permet à l'argile de se serrer et la surface devient absolument lisse si l'on manie correctement cet instrument. Pendant ce travail, un des manoeuvres aussi monte pour la première fois dans le fourneau, étant donné que la grande partie du travail a lieu à l'intérieur. A la fin, *l'ogbel* n'est pas satisfait de la forme de la sole, il la relève donc de quelques centimètres à divers endroits avec du sable meuble, y dépose une fine couche du sable délayé qu'il bat. Il monte lui-même dans le fourneau pour vérifier la paroi interne et montre à ses manoeuvres encore quelques endroits qui devaient être battus, afin qu'aucune inégalité ou bosse ne demeure. Le travail avec les battes continue jusqu'à la tombée de la nuit et chaque partie accessible de l'intérieur et même les parois internes des trous d'aération sont en partie polies et repolies, battues et rebattues.

(1) Le matériau traditionnel était sans doute la paille.

(2) Pour cela, les manoeuvres vont chercher des paniers dans une ferme voisine.

(3) Ces instruments sont également utilisés dans la construction immobilière mais uniquement pour battre les sols des maisons.

La nuit, la porte du fourneau et l'ouverture supérieure de la cheminée sont fermées afin de remédier au séchage trop rapide qui entraîne des risques de fissure.

22. 11.

Dès le lendemain matin, *l'ogbel* donne l'ordre à ses collaborateurs de travailler encore une fois toutes les surfaces avec la batte, quand bien même ceux-ci n'en comprennent pas le sens et émettent d'abord un avis contraire. De toute évidence, permettre la libre circulation du combustible, éviter que des portions liquides de minerai ne restent collées à la paroi du fourneau ou que des morceaux du polissage intérieur n'éclatent et n'attachent ensuite dans la loupe, constituent des problèmes particulièrement délicats de la construction de fourneaux. En comprimant le matériau de construction, l'on diminue le risque de fente au cours du séchage ultérieur du fourneau. Dans tous ces cas -que le doyen d'âge n'évoque pas expressément- le fourneau serait inutilisable.⁽¹⁾ A cette occasion on expliqua qu'autrefois aussi chaque fourneau avait donné un résultat différent. Il y eut ainsi des fourneaux qui, au premier essai, ne pouvaient pas fondre de fer et qui, pour cette raison, ne furent plus jamais mis en service. Par contre, d'autres fonctionnèrent du premier coup et purent continuer à être utilisés, mais l'intervalle entre deux fontes ne devait pas excéder une semaine. D'aussi bons fourneaux furent utilisés jusqu'à ce qu'ils soient abîmés, soit par des morceaux du polissage intérieur qui se détachent, soit par la loupe qui colle à la sole du fourneau. On ne craignait pas les fissures bénignes, on pouvait les colmater pendant la combustion de la manière décrite plus haut.

On peut facilement s'imaginer qu'autrefois un père de famille à Bandjéli disposait d'un nombre relativement élevé de fourneaux et qu'il pouvait, selon sa situation financière, en construire de nouveaux ; il en dirigeait certes, personnellement, la construction, mais il devait payer des manoeuvres. Il connaissait sûrement aussi la performance exacte de ses différents fourneaux, avait quelques-uns sur lesquels il pouvait compter et d'autres qu'ils ne mettaient pas du tout en service à cause de leurs rendements insuffisants, ou d'autres encore qu'ils n'aimaient guère mettre en service à cause de leurs rendements incertains.

Les travaux de construction du fourneau sont ainsi terminés ce matin. Il manque quelques emplacements des tuyères et la porte, qui ne seront pratiqués que le jour de l'allumage du fourneau. Il reste encore à aplanir les environs

(1) La raison de mes questions était naturellement de comprendre les exigences de la construction et le fonctionnement du fourneau. Cependant, *l'ogbel* répondait rarement directement à de telles questions, et ceci était d'autant plus compréhensible que de toute évidence, il n'était pas sûr que le fourneau qui se construisait produirait du fer ou pas. En tout cas, il répondait à des questions de ce genre en hochant ou en secouant la tête jusqu'à ce qu'il finisse par me prier de ne plus parler de défaillance éventuelle, mais d'attendre le résultat.

immédiats du fourneau. A la porte du fourneau doit être créée une pente régulière pour permettre plus tard au laitier, qui déborderait éventuellement, de couler sans entrave. Pour cela, on creuse avec le coupe-coupe un trou peu profond. Les manoeuvres étalent la terre recueillie tout autour du fourneau et la recouvrent dans un rayon de deux mètres avec le reste de sable noir délayé (*lisal*) et tasse le tout.

Finalement, on ferme soigneusement l'entrée du fourneau avec des pierres et l'on dépose devant celle-ci la branche rituelle d'*inagbul* pour dissuader les intrus. Il faut attendre maintenant au moins une semaine pour que le fourneau soit totalement sec et que l'on puisse faire un essai de fonte. Par ailleurs, les manoeuvres n'ont pas fini la récolte de leur mil, si bien que le travail sur le fourneau ne pourra continuer qu'à la mi-décembre.

Enfin, le «régent» et moi sommes priés de trouver des gens pour la production de charbon de bois, un travail difficile exécuté auparavant par les femmes Konkomba des villages voisins situés au nord de Bandjéli.

Fig. 3: Le fourneau de Bandjéli

(Les dimensions correspondent à celles du fourneau construit en novembre 1988)

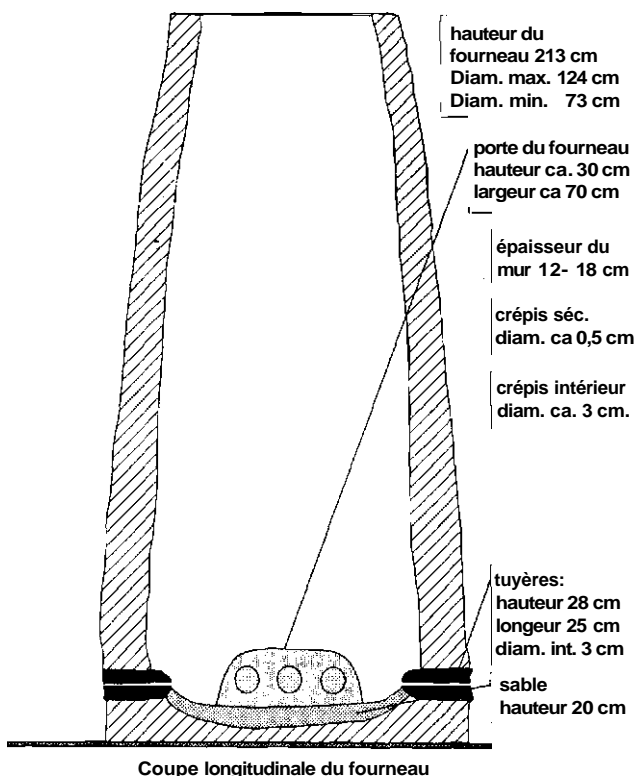


Fig. 4: Structure de la paroi du fourneau (vue en plan)

Le crépi ne fait pas partie de cette représentation. Les mottes d'argile sont inclinées dans le sens contraire à celui du travail. Le constructeur de fourneau change à chaque rangée la direction dans laquelle il pose les mottes suivantes.

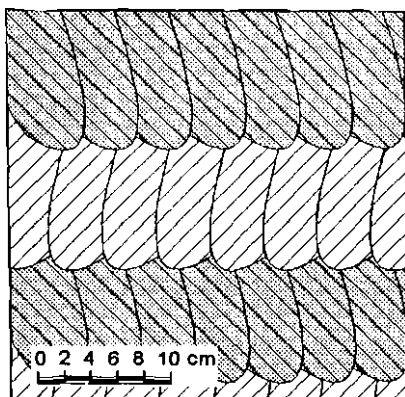


Fig. 5: Coupe transversale de la paroi du fourneau

- 1 Le crépi extérieur se compose seulement d'une mince couche de poudre d'argile
2. Le mur lui-même comporte sur sa face intérieure des saillies qui doivent permettre une adhérence plus forte de la couche supérieure.
3. Le crépi épais que l'on voit à l'intérieur se compose d'argile mélangée à la sève gélatineuse d'un arbrisseau.
4. Le deuxième crépi beaucoup plus mince se compose de sable contenant un peu de sanguine, mélangé avec de l'eau.

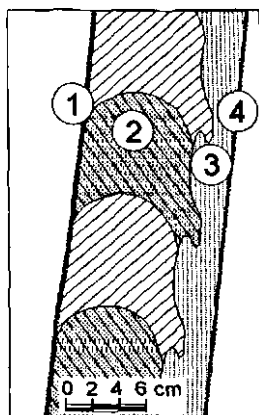


Fig. 6 : Traçage du plan du fourneau



Fig. 7 : Construction du mur du fourneau



Fig. 8 : Saupoudrage de la paroi extérieure avec de la poudre d'argile sèche.



Fig. 9 : Mesure des intervalles entre les trous d'aération.

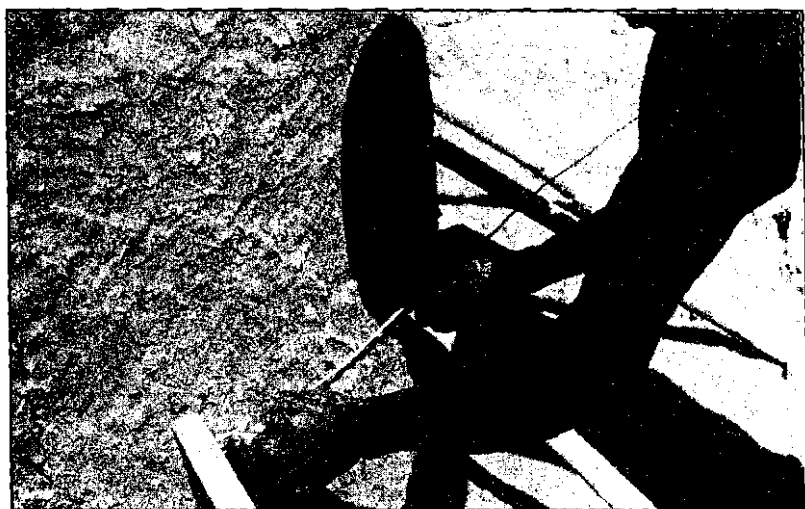


Fig. 10 : Découpage de la porte du fourneau



Fig. 11 : Crépissage de l'intérieur du fourneau

On reconnaît déjà sur la deuxième moitié inférieure de l'image le crépi de la paroi intérieure du fourneau, en haut on voit la structure ondulée du mur lui-même.



2.1.2 La fonte (décembre 1988)

13.12

Après des négociations relativement longues, un groupe de trois jeunes hommes se charge de fabriquer le charbon de bois. Cela aussi doit faire l'objet d'une certaine rémunération bien que je me rende vite compte que je commets sur ce point une faute grave : traditionnellement la fabrication de charbon de bois était une affaire de femme et dont se chargeaient en règle générale les femmes de Nawaré, une localité konkomba située au nord de Bandjéli, comme le confirme toute la littérature sur ce sujet⁽¹⁾. Voulant saisir selon toute apparence cette occasion pour se faire de l'argent, les jeunes hommes acceptent le travail, mais n'arrivent pas à se conformer à l'emploi du temps fixé et se refusent à exécuter eux-mêmes les pénibles travaux de transport (bois, eau, charbon) et demandent à quelques femmes de la localité de les aider. Celles-ci exigent à leur tour -ajuste titre- une rémunération supplémentaire⁽²⁾.

Ce jour-là, de bonne heure, les jeunes hommes partent pour aller chercher à environ un kilomètre de là un arbre approprié. Chacun est équipé d'une hachette (*kocoko*) ; en outre, deux d'entre eux apportent les haches de leur femme (*ceeku*) et un autre une hachette européenne si mal aiguisée qu'elle ne peut guère couper et ne sera donc pas utilisée. L'arbre nommé *ngilim* (*Prosopis africana*) solitaire dans un champ de mil avait une hauteur de 15 m environ et un tronc de 35 cm de diamètre. Selon les renseignements fournis par nos informateurs, les essences appropriées pour la fonte en ordre décroissant de dureté et de qualité sont : *Prosopis africana* (*ngilim*), *Burkea africana*⁽³⁾ (*oosuuja*) et *Limonia wamekeri* (*bugbaambou*).

Non loin de cet arbre se trouve un endroit où on offre des sacrifices à un être sacré, mais seulement au moment des semences. Cependant, pour ne point attirer sur nous la colère de cette puissance spirituelle, le chef nous accompagne et immole à cet endroit un poulet et fait une libation d'un peu de bière de mil. (5^e rite)

Ce n'est qu'après cela que les hommes commencent à abattre l'arbre, ce qui dure deux heures. Bien que nous soyons à quatre et parfois même à cinq, il n'y a que deux personnes qui travaillent en même temps, afin de ne point s'exposer au

(1) Metzger (1941 : 123), Goucher (1985 : 61).

(2) D'autres difficultés liées à l'interdiction générale au Togo d'abattre des arbres sains dont le tronc dépasse une certaine circonférence surgirent. Mais on trouva après quelques discussions un arrangement avec l'agent des Eaux et Forêts.

(3) Goucher (1985 : 114) limite les essences possibles à cette seule espèce.

risque de se blesser avec les outils. Dès que l'arbre que l'on coupe à peu près à hauteur de genou tombe par terre, on commence à couper le tronc et toutes les branches latérales plus grosses que le bras, en morceaux de 60 à 80 cm de longueur. Les branches et les rameaux plus petits sont mis de côté et ne serviront pas pour la fabrication du charbon de bois. Vu la technique de cognée qu'exigent les hachettes, la section du tronc provoque des fentes plus ou moins larges, si bien qu'il faut compter jusqu'à 5% de perte au moins du matériel, rien que pour découper entièrement l'arbre. Pour couper le tronc, les hommes n'utilisent que les deux meilleures hachettes (*kocoko*), en laissant les autres outils, surtout les hachettes *ceeku* que seules les femmes utilisent, pour exécuter ce genre de travail.

On se rend vite compte que le bois abattu, dont le volume s'élève à environ 1,5 m³, ne suffira pas et un deuxième arbre un peu plus petit qui se trouve à proximité est abattu et découpé de la même manière. Ce n'est que le lendemain que commence la carbonisation du bois.

14. 12.

Le matin de bonne heure les hommes commencent à creuser dans le sol du champ de mil moissonné à proximité de l'endroit où le premier arbre a été abattu, un trou à peu près circulaire mesurant environ 2 m de diamètre et 40 cm de profondeur. La terre qu'on en extrait est déposée autour du trou et forme ainsi un mur plat.

Au fond du trou on dispose une mince couche de bois sec, ramassé par les hommes dans les environs immédiats d'arbres morts⁽¹⁾, et l'on met là-dessus le bois vert abattu la veille. Vers 9 heures ce travail est terminé, si bien qu'on peut allumer le feu. A l'aide de charbon de bois incandescent, apporté de la ferme la plus proche, on allume d'abord le bois sec et le feu ainsi obtenu prend avec le temps le bois frais. D'après les renseignements fournis par les charbonniers, le bois sec de la couche inférieure ne sert qu'à garantir que tout le tas prenne bien, ce bois ne se transforme pas en charbon.

On laisse ainsi brûler jusqu'à l'après-midi ce feu nu dont les flammes montent plus ou moins haut. Ce n'est que l'après-midi vers 16 heures que les

(1) Une semaine auparavant, un feu de brousse a été allumé à proximité des champs. Les feux de brousse sont autorisés au Togo jusqu'à fin novembre et très bien accueillis à Bandjéli, étant donné qu'ils permettent d'éviter les feux ultérieurs. Plus un feu de brousse commence tard, plus la quantité de végétaux secs est grande, plus les flammes mettent alors en danger les fermes. En novembre, le feu précoce brûle essentiellement sans flamme, n'endommage pas les arbres et n'est pas dangereux pour les fermes. Un tel feu couvert détruit une grande partie du gazon, de sorte que l'on peut trouver des arbres ou des branches légèrement renversés, arrachés au cours des grandes tempêtes de la saison des pluies précédente.

hommes reviennent et s'efforcent d'étouffer les flammes avec la terre entassée autour de la fosse et de grandes feuilles de teck qui sont encore vertes à cette période de l'année et dont ils ont apporté de gros tas. Ceci constitue un travail difficile et dangereux surtout lorsque le processus de combustion est déjà trop avancé et que le feu est trop fort. Au bout de deux heures environ ils réussissent à couvrir le feu nu avec une couche de terre d'environ 20 cm d'épaisseur, de feuilles et de branches feuillues. Les nuages de fumée qui continuent de s'en dégager indiquent que le feu brûle toujours à l'intérieur. Cette meule de charbon reste dans cet état jusqu'au lendemain matin. La durée du feu nu s'élève donc à 6 heures et celle du feu couvert à 12 - 14 heures.

15. 12.

Dès le lever du soleil, le lendemain, les charbonniers, accompagnés de nombreuses femmes du village portant chacune une «cuvette» pleine d'eau, se rendent à leur meule. Elles déposent cette eau, au total 150 à 200 l, près de la meule et retournent aussitôt dans leurs fermes, pendant que les hommes commencent prudemment à dégager avec leur houe et leur hache la couche de terre. Le charbon qui apparaît maintenant est naturellement encore très chaud et brûle encore partiellement, si bien que le risque d'une inflammation spontanée demeure. Pour éviter cela, ils enlèvent de la couche supérieure les petits bouts de feuilles de teck devenus secs et tannés, à l'aide d'un éventail. Un des hommes verse abondamment de l'eau à tous les endroits où se dégage de la fumée et où brûle une petite flamme.

Tous les hommes s'efforcent de débarrasser le charbon de la terre et de toutes les impuretés et de l'étaler pour découvrir d'éventuels foyers d'incendie. Selon mes informateurs, il arrive souvent que l'on oublie du charbon encore incandescent et qu'un tas de charbon s'enflamme ainsi après des heures, voire des jours. Comme seul du charbon dont la taille ne dépasse guère 1 - 2 cm de diamètre peut être utilisé pour la fonte, on concasse les morceaux de charbon toujours trop gros⁽¹⁾.

Avec cette méthode le bois n'avait brûlé que de façon relativement incomplète. Seulement un tiers environ du volume de charbon a pu être extrait des 2m³ de bois qui forme le tas (1,5m³ de bois frais et 0,5 m³ de bois sec). Naturelle-

(1) Le charbon de bois produit habituellement dans cette région, est en règle générale très grossier, si bien qu'on y trouve des morceaux de plus de 10 cm de diamètre, carbonisés en partie, de manière incomplète. Je n'ai pas observé personnellement la carbonisation dont se chargent généralement les femmes. Mais on m'a expliqué que le procédé technique est le même, sauf que les femmes utilisent, dans la mesure du possible, du bois sec provenant d'arbres morts et que la quantité du bois transformé dans une meule est beaucoup moindre.

ment, une partie de ce tas, en particulier le bois sec a été entièrement réduit en cendre. Les noyaux des grands troncs d'arbre ne furent pas du tout attaqués par le feu, si bien qu'ils purent être transportés un à un par les hommes à la maison, où l'on s'en sert comme bois de chauffe.

L'après-midi, les femmes reviennent pour récupérer les cuvettes vides et pour transporter le charbon dans de grandes corbeilles à la place de la fonte. Une fois transporté là-bas, le charbon dont le volume fait 8 paniers, se révèle être insuffisant. Le «régent» intervient dans cette situation et choisit un jeune arbre d'une autre espèce (*kobele*), que les charbonniers devaient abattre et découper le jour même. Le bois de cet arbre est beaucoup plus tendre et l'on réussit à l'abattre et à le découper au bout de quelques heures. Ce jour même, à la tombée de la nuit, ce bois est enflammé avec quelques bûches de bois sec dans une fosse semblable à celle utilisée la veille, mais de dimension plus réduite. Tard dans la nuit, les charbonniers se rendent encore une fois là-bas pour éteindre le feu en y jetant de la terre et des feuilles. Selon *l'ogbel*, cela importe peu que le bois utilisé cette fois-ci pour faire le charbon soit d'une autre essence, étant donné qu'une grande partie du charbon provient déjà de l'essence appropriée.

Au cours de la journée, en début d'après-midi, *l'ogbel* exécute sur le fourneau même un autre travail dont on ne sait pas s'il est de nature purement rituelle ou s'il a une signification technique pour la fonte future. Il se fait apporter par des enfants des écorces sèches de néré, faciles à trouver sur les nombreux arbres de ce genre qui poussent dans les environs. Il ouvre ensuite le fourneau en écartant les pierres, recouvre le sol avec une couche d'environ 40 cm de ces morceaux d'écorce secs et allume le tout avec quelques morceaux de charbon incandescents. Pendant que l'écorce sèche prend feu, il referme la porte du fourneau avec les pierres. L'on peut bien observer à travers les tuyères les flammes qui montent, mais comme il fallait s'y attendre, elles s'éteignent au bout de quelques minutes, à cause du fort tirage de la cheminée. La cendre blanche que ces flammes laissent sur le sol du fourneau demeure d'abord là, ce n'est que le lendemain, peu avant la préparation du fourneau pour la fonte, que *l'ogbel* l'enlève.

16. 12.

Dans la matinée, les charbonniers apportent sur le chantier le reste du charbon qui remplit à peu près deux paniers et le renverse sur un deuxième tas, non loin du gros tas de «bon» charbon. Au total dix paniers de charbon de bois sont donc disponibles. Un panier, qui a cours dans la région et qui sert de mesure fixe

pour le charbon, a une contenance de 2 - 3 sacs environ. Un sac⁽¹⁾ contient environ 50 l de charbon, donc on a produit à peu près un peu plus de 1 m³ de charbon. Cette quantité suffit pour remplir toute la cavité du fourneau.

Les manoeuvres du constructeur se rendent au cours de la matinée à des endroits précis, non loin de ruisseaux qui coulent au pied de la montagne, où ils peuvent trouver diverses sortes de sable dont on a besoin pour l'aménagement de la sole du fourneau. Le constructeur du fourneau fait la distinction entre «le sable blanc» (*lebukpil*) et le «sable noir» (*lebukpool*). En principe, ces deux sortes de sable se composent de grains de quartzite, mais c'est la quantité du matériau organique qui fait la couleur noire, qui les différencie. Ces sables, dont la coloration réelle serait plus précisément le gris clair et le gris foncé, sont transportés chacun dans de grandes Calebasses et des seaux de 30 - 40 l jusqu'au chantier pour y être soigneusement tamisé dans un panier ordinaire qui tient lieu de tamis.

On constate que la tâche la plus importante dans la préparation de la fonte est d'organiser les diverses activités qui doivent être menées parallèlement au cours de ces journées. Cette tâche, *l'ogbel* et le «régent» se la partagent, le premier devant être considéré comme le véritable constructeur et le second se considérant comme le propriétaire du fourneau, d'autant plus qu'il aura plus tard à en encaisser les recettes. Il n'est pas du tout évident que toutes les personnes qui participent aux préparatifs accomplissent dans les délais et de la façon souhaitée leurs tâches, comme l'a montré l'exemple des charbonniers. Au cours de cette journée, un autre groupe de deux vieilles femmes et deux jeunes filles sont chargées d'aller prendre le minerai le lendemain et de le préparer pour la fonte. Selon *l'ogbel*, seules les femmes ménopausées et des jeunes filles qui n'ont pas encore eu de rapport sexuel, ont le droit de se rendre au dépôt de minerai et de le préparer pour la fonte.

17. 12.

Ce jour avait été déjà fixé deux semaines auparavant comme jour de la fonte, on avait interrogé spécialement un devin à ce sujet et il avait déclaré ce jour (samedi) favorable.

Avant le lever du jour, les femmes désignées la veille partent pour aller prendre le minerai (*nta*). Normalement, les femmes s'y rendaient autrefois seules, mais nous les accompagnons aujourd'hui, mon interprète et moi. A 2 km environ de distance, au creux large et peu profond du lit sec d'un ruisseau recouvert

(1) Il s'agit en général d'un vieux sac de livraison de denrées alimentaires qui contenait à l'origine 25 kg de farine ou 50 kg de sucre.

d'herbes et de broussailles, les femmes me montrent les traces d'une recherche antérieure de minerai. La plupart des fosses à peine reconnaissables sont recouvertes de plantes épineuses si bien que l'on a besoin d'un certain temps avant de trouver un endroit où l'on peut remuer d'emblée la terre molle.

Les vieilles femmes ne tardent pas à trouver dans la terre argileuse brun clair des pierres de forme sphérique ayant un diamètre de quelques centimètres et pouvant atteindre parfois la grosseur du poing. Elles les cassent sur place avec la hachette afin de juger s'il s'agit en l'espèce d'un minerai exploitable. Elles jettent aussitôt celles qui portent des tâches de couleur jaunâtre ou de couleur claire et ne déposent que celles qui sont noir profond ou bleu noir dans leurs petits paniers. Normalement cette tâche n'est accomplie que par les femmes. Mais mon interprète est d'avis qu'il peut mieux manier la hachette apportée (*kococo*), si bien que bientôt il est le seul à remuer la terre et les femmes ramassent et trient les bulbes qu'elles ouvrent avec un deuxième *kococo* ; elles déposent les morceaux appropriés dans le panier⁽¹⁾.

Au bout d'une bonne heure, les quatre récipients apportés qui prennent environ 10 kg de minerai chacun, sont ainsi remplis et le groupe entier s'en retourne à l'emplacement du fourneau.

Les femmes racontent qu'à cet endroit les fosses avaient autrefois parfois une profondeur de plus de deux mètres et qu'à la sole des prolongements latéraux avaient été creusés, si bien que de dangereuses saillies ont été créées. On leur aurait parlé dans leur jeunesse aussi du cas d'une femme qui aurait été tuée dans une fosse comme celle-là par un éboulement de terre. A cette époque on procédait toujours par division du travail ; une ou deux femmes creusaient la terre dans la fosse, tendaient les bulbes aux autres demeurées en haut qui en examinaient la qualité.

Vers 9 heures nous arrivons avec le minerai près du fourneau, où entre-temps les autres manoeuvres ont apporté et tamisé diverses sortes de sable. Comme les morceaux de minerai à utiliser pour la fonte ne doivent pas dépasser 1 cm de diamètre, les femmes s'installent près de deux blocs de rocher plats, situés à 30 m environ du fourneau et commencent à les concasser à l'aide de pierre de la

(1) Il est aussi possible qu'il ait voulu se montrer «galant» en ma présence. J'interprète le fait que cela ne choque personne qu'il ait manié la houe dans la mine (contrairement aux puits d'argile où les hommes n'ont pas le droit de mettre les pieds) et que les femmes mariées en état de procréer aussi soient exclues de ce travail comme des indices purs et simples d'un phénomène de division du travail, contrairement à l'avis que Herbert et Goucher ont exprimé dans leur film vidéo et non point d'un droit exclusif des femmes à accomplir cette tâche. Au même moment les hommes sont occupés à accomplir les autres préparatifs nécessaires pour la fonte.

grosseur d'un poing. Les blocs de rocher qui dépassent le sol d'environ 10 cm constituent le support, l'enclume sur laquelle les morceaux de minerai sont déposés. (Fig. 15)

De nombreux blocs de rocher semblables présentent de petits creux qui, selon les informations des habitants, proviendraient de cette activité. Ce travail difficile qui, à cause des éclats de pierre qui volaient dans tous les sens, n'était pas sans danger, dure deux nouvelles heures pendant lesquelles le bruit incessant du concassage s'entend dans tout le village. Finalement les femmes remettent au constructeur de fourneau le minerai de fer apprêté sans s'approcher de la fonderie. Au total à peu près 40 kg de minerai sont préparés et entassés près du fourneau.

Le matin de bonne heure, *l'ogbel* envoie un des manoeuvres, armé d'une hachette fraîchement aiguisée (*kococo*) chercher du bois vert destiné aussi à être utilisé pour la fonte. Au cours de la matinée, celui-ci revient chargé d'une brassée de bois de l'essence *ikondo*⁽¹⁾. Le bois vert, composé de branches d'une longueur de 20 à 30 cm et d'un diamètre de 3 à 6 cm, a à peu près le même volume que le minerai de fer.

Dans le même temps, un autre manoeuvre a mouillé, pétri et modelé un autre tas d'argile en boules de la grosseur d'une tête qu'il apporte à la fonderie. C'est cette argile, composée du matériau tamisé et utilisé aussi pour le premier crépissage interne, qui servira à modeler les tuyères.

L'ogbel et le «régent» passent toute la matinée à donner des ordres aux manoeuvres et à d'autres habitants du village qui accomplissent des tâches particulières et à contrôler la bonne exécution des différentes activités. *L'ogbel* demande par exemple que tout le sable soit encore une fois tamisé soigneusement, après avoir constaté qu'il contenait encore des cailloux et du matériau organique. Une femme de l'une des fermes voisines est priée de commencer à préparer le repas rituel qui doit être consommé juste après la mise en marche du fourneau.

Ensuite vers 10 heures, le constructeur ouvre la porte du fourneau en empilant les pierres près de celui-ci. Pour terminer, il dégage la cendre provenant de l'écorce de l'arbre dénommé néré, brûlée deux jours plus tôt et en fait également un petit tas près du fourneau.

(1) Cette essence n'a pas pu être déterminée sur le plan botanique. D'autres essences appropriées sont : *linal*, *legbal*, *kigbili*, *bujjembu*. Les différents noms donnés localement à ces essences à Bassar et à Bandjéli constituent un des facteurs qui rendent difficile la détermination des noms scientifiques.

Pendant ce temps, un manoeuvre a apporté quelques seaux d'eau dont il se sert partiellement pour mouiller légèrement le sable clair que *l'ogbel* étale ensuite sur le sol à l'intérieur du fourneau. Le reste de l'eau est mélangé avec le sable plus foncé et le matériau ainsi obtenu est légèrement battu avec un bâton de bois (*licambi!*) en vue de le condenser. C'est avec ce matériau que la porte du fourneau sera fermé plus tard.

Mais d'abord, les tuyères doivent être modelées avec l'argile fraîche. A cette fin, le «régent» a sorti du vestibule les bâtons de bois (*mpullo*) qui avaient déjà servi à mesurer la position des tuyères. Ces bâtons sont bien mouillés et couverts sur toute la longueur d'une épaisse couche d'argile de 3 cm d'épaisseur. La couche d'argile doit être d'une épaisseur égale partout. La tuyère entière et encore humide doit avoir autant que possible exactement le même diamètre que les trous d'aération. *L'ogbel* fait certaines de ces tuyères lui-même, ensuite ces manoeuvres poursuivent le travail. Pour contrôler leur taille, les premières tuyères faites sont introduites aussitôt dans les trous d'aération sans les colmater contre le mur du fourneau ni retirer les bâtons. De cette manière, les hommes font en une demi-heure les 12 tuyères dont 9 déjà peuvent être introduites dans les trous d'aération prévus à cet effet dans le mur du fourneau. Les tuyères sont au moins deux fois plus longues que l'épaisseur du mur du fourneau. Elles sont introduites dans les trous d'aération du fourneau de manière à ce qu'elles dépassent seulement de 3 - 5 cm à l'extérieur, en revanche de 10 cm au moins à l'intérieur. (Fig. 16)

Maintenant, *l'ogbel* rajoute à l'intérieur du fourneau encore un peu de sable blanc sec, mais qui n'est pas battu cette fois-ci. Le sable à l'intérieur du fourneau arrive presque au bord inférieur des trous des tuyères dans lesquels demeurent plantés encore à ce moment les bâtons. Par ailleurs, *l'ogbel* prend quelques petites mottes d'argile et s'en sert pour relier les bouts des tuyères qui font saillie à l'intérieur, si bien que dans le fourneau une sorte de deuxième sol, situé à environ 15 cm au-dessus du premier, se crée. Ce sol, partiellement stable seulement, est constitué latéralement par les bouts de tuyères qui font saillie à l'intérieur et les passerelles d'argile placées entre eux. Le sol supérieur qui fait une pente vers le milieu n'est composé dans cette zone que de sable mou.

Le sable humide plus foncé sert à fermer le fourneau. Dans la porte du fourneau on élève avec la même matière un petit mur ayant la même épaisseur que le mur du fourneau qui arrive d'abord au niveau où se situent les trous d'aération. Ensuite, on bat le mur de sable et on installe les trois autres tuyères en poussant celle du milieu trois centimètres plus loin dans le sable et en inclinant le bout intérieur légèrement vers le bas contrairement aux autres tuyères qui sont

horizontales⁽¹⁾ (Fig. 14). Finalement, il est midi, la petite fente restante de la porte du fourneau est fermée de l'extérieur. *L'ogbel* monte une dernière fois à l'aide de l'échelle en bambou dans le fourneau pour polir, consolider de l'intérieur la porte du fourneau, et contrôler la position du sable blanc dans la sole du fourneau. Il en ressort avec prudence pour ne point endommager le fourneau.

Avant que le fourneau ne soit rempli, il faut encore que les tuyères soient fixées dans les trous d'aération. Pour ce faire, les constructeurs du fourneau poussent simplement contre la paroi les bouts des tuyères qui font saillie vers l'extérieur et étalent l'argile excédentaire contre celle-ci. Ceci garantit une adhérence hermétique des tuyères à la paroi qui empêche plus tard pendant la fonte l'air de pénétrer accidentellement dans le fourneau par des interstices⁽²⁾.

Enfin, on peut commencer à charger le fourneau avant même d'avoir enlevé les bâtons des tuyères fraîchement faites. *L'ogbel* monte encore une fois à l'aide de l'échelle sur le fourneau et s'assoit à cheval sur son bord. Il demande alors à ses manoeuvres de lui apporter les paniers de charbon de bois et les autres matériaux. Les manoeuvres ne disposant que d'un panier, il faut qu'ils le remplissent chaque fois et le donnent à vider dans le fourneau. Ce faisant, ils prennent soin de remplir à chaque tour le panier d'une grande quantité de charbon de bonne qualité à laquelle ils ajoutent une dose moins importante du charbon produit plus tard. (Fig. 17)

Après avoir chargé avec 6 paniers de charbon le fourneau à peu près jusqu'à moitié, on y recouvre de bois vert le charbon. Mais avant que les branches vertes n'y soient jetées, *l'ogbel* y entre de nouveau et consolide la première grande portion de charbon en la tassant avec les pieds⁽³⁾. Le fourneau est chargé à un niveau tel que *l'ogbel* n'y disparaît plus que jusqu'à la poitrine. Le bois vert une fois chargé, on ajoute encore un panier de charbon et l'on donne alors à *l'ogbel* le minerai de fer dans de petites calebasses. Contrairement à ce qu'il a fait avec le charbon et le bois vert, le constructeur ne renverse pas d'en haut les 12 calebasses qui contiennent chacune 3 kg environ de minerai de fer, mais il se penche dans le fourneau avec chaque calebasse pour la déposer le long de la paroi sur le charbon.

(1) Cette disposition est destinée à faciliter l'observation de la formation du laitier le lendemain. Comme dans la zone de la porte la distance entre les tuyères est plus réduite, la réduction de l'aération qui en résulte et le danger de voir la tuyère inclinée entièrement plongée dans le laitier n'entrent pas tellement en ligne de compte.

(2) La possibilité de remplacer les tuyères par des nouvelles si elles viennent à être abîmées après la combustion, constitue un avantage technique important, si l'on pense à l'utilisation répétée du fourneau. Voir à ce sujet aussi le paragraphe 3.3.

(3) La consolidation du combustible est une technique importante qui permet l'obtention d'une température suffisamment élevée pendant la combustion dans cette zone.

Il m'expliqua plus tard ce que je ne pouvais pas voir moi-même, à savoir que le minerai devait être disposé selon la forme que la loupe devra prendre plus tard. La couche de minerai ne couvre donc pas dans le fourneau une surface close mais est disposée en fer à cheval laissant libre la zone de la paroi du fourneau située au-dessus de la porte. (Fig. 13)

On allume maintenant le fourneau en envoyant un des manoeuvres chercher dans une ferme voisine, sur un bout de vieille tôle, une poignée de charbon incandescent que *l'ogbel* répand au milieu du fourneau entre le minerai de fer. En toute hâte, on charge jusqu'à ras bord le fourneau avec 5 autres paniers de charbon de bois et l'on commence prudemment à retirer les bâtons des tuyères pour que le feu ne s'éteigne pas en quelques minutes par manque d'air.⁽¹⁾ Ce faisant, le constructeur de fourneau prend soin de vérifier s'il y a au bout des bâtons de la poussière de charbon noire, ce qui indique une ouverture correcte des extrémités intérieures des tuyères. Pour dégager des tuyères d'éventuels fragments d'argile, on y passe encore une fois un bâton plus mince et mouillé.

Au total le fourneau a été rempli dans l'ordre suivant avec les quantités indiquées ci-dessous. (Fig. 12)⁽²⁾

Sable	20 cm
Charbon de bois (6 paniers)	90 cm
Bois vert	15 cm
Charbon de bois (1 panier)	20 cm
Minerai de fer (12 calebasses)	10 cm
Charbon incandescent	
Charbon de bois (5 paniers)	80 cm ⁽³⁾

(1) La dernière phase du chargement après l'allumage est un moment particulièrement critique, étant donné que le feu pourrait s'éteindre facilement. Mais on peut reconnaître également sur une image non datée de C. Lebou reprise par Martinelli (1984 :489) que le chargement s'effectue toujours à tuyères fermées.

(2) Les indications suivantes ne sont que des estimations, étant donné que je n'avais pas la possibilité de mesurer le niveau atteint après chaque chargement.

(3) Pour montrer l'exactitude avec laquelle Hupfeld (1899 : 180s.) a observé et décrit ce procédé il y a déjà plus de 90 ans, j'indique ici ces données quantitatives en ce qui concerne la fonte : "Le fourneau est chargé d'en haut dans l'ordre suivant : 5 paniers de charbon de bois, plusieurs brassées de bois de 35 à 40 cm de longueur et 3 cm d'épaisseur, 2 paniers de charbon de bois, 7 calebasses de minerai de fer, un peu de charbon incandescent, 1 à 2 paniers de charbon de bois". Pour cette comparaison, il faut tenir compte du fait qu'à cette époque les fourneaux à Bandjéli étaient beaucoup plus grands que celui qui a été construit en 1988, comme on peut le reconnaître sur de vieilles photos.

Le rapport charbon de bois/minerai de fer s'élève à :

selon le volume	10-1
selon le poids	3-1

Dans les deux estimations, le charbon de bois a encore une part plutôt élevée.

Vers 13 heures 15, le chargement du fourneau est terminé et l'on nettoie encore une fois la place autour du fourneau. Le reste de l'argile, apprêtée le matin, est utilisée pour ériger sur le côté gauche de la porte du fourneau un petit mur légèrement incurvé d'un demi-mètre de long et d'environ 30 cm de haut, destiné à arrêter un éventuel écoulement de laitier. *L'ogbel* fabrique à partir de petits morceaux d'argile de petits tampons de la grosseur d'un doigt dont il se sert pour fermer les trois tuyères insérées dans la porte du fourneau. Un dès manoeuvres empile devant la porte du fourneau les pierres qu'on avait mises de côté le matin. Sur le plan technique, le chargement et l'allumage du fourneau sont ainsi terminés. Mais pour garantir la réussite de la fonte, il faut encore procéder à quelques cérémonies rituelles.

La cendre de l'écorce de néré brûlée avait été déposée en petit tas à côté du fourneau le matin. Avec de l'eau le constructeur de fourneau fait de cette cendre blanche comme neige une pâte avec laquelle il trace une bande blanche circulaire sur la partie externe du mur du fourneau à environ 1m30 de hauteur. (Fig. 18) Maintes fois, *l'ogbel* avait désigné cette zone comme le ventre du fourneau, l'endroit où celui-ci travaille et qui correspond par son niveau à la zone où le minerai a été déposé à l'intérieur. Sur cette bande de cendre blanche large de 10 cm environ, *l'ogbel* applique dans la zone située au dessus de la porte du fourneau, une petite couche d'argile un peu plus large que haute de 10 cm environ d'épaisseur. Puisque j'ai parlé du «ventre» du fourneau, il faut considérer le rajout comme le nombril. Par ailleurs, *l'ogbel* fait une libation de bière de mil en versant une demi-calebasse de celle-ci sur le «nombril» et sur les trois points noirs qu'il a pratiqués dans la partie inférieure de la paroi avec de la poudre de *nyoko* pendant la construction. Ce faisant, il demande au fourneau de produire du fer. (9^e rite)

Peu à près le «régent» apporte un coquelet blanc prélevé sur les provisions que j'avais mises à sa disposition déjà des semaines auparavant et l'immole au-dessus du «nombril» en y faisant couler un peu de sang et en demandant à haute voix aux ancêtres de veiller au succès de la fonte. En plus, il y colle quelques plumes et fait une nouvelle libation de bière. Après la préparation du coquelet on sacrifie une partie de son foie (*diffr*) au même endroit et on y plante à la fin une

petite branche feuillue de *néré*.⁽¹⁾ (*10^e rite*)

Le matin déjà, *l'ogbel* avait chargé une femme de la ferme voisine de préparer les divers vivres achetés quelque temps auparavant, et dont le plus important était un poisson spécial appelé *kijonbon* que l'on pourrait traduire littéralement par «poisson noir». Faisait également partie du menu le mil dont une grande partie a servi à faire suffisamment de bouillie pour tous ceux qui ont aidé à construire le fourneau. En début d'après-midi enfin, le repas était prêt. Mais avant que l'on commence le repas qu'un des manoeuvres a apporté de la ferme voisine⁽²⁾, un autre emmène sur le chantier un jeune garçon d'environ 10 ans auquel on montre le repas, et à qui revient une partie. Ensuite, *l'ogbel* demande au manoeuvre de frapper le jeune garçon pour le faire pleurer. Le jeune homme chargé de cette tâche hésite d'abord, mais explique ensuite à l'enfant que ses larmes étaient nécessaires au succès de la fonte et qu'il avait juste besoin de crier et de pleurer un peu pour avoir ensuite le droit de manger. Le jeune garçon n'y comprend rien mais pleure tout de même un peu après une claque sèche et peu de temps après, on le voit assis tout près du fourneau avec comme consolation le plat de poisson, pendant que nous consommons, non loin, notre part de poisson et de bière de mil. (*11^e rite*)

Au cours de l'après-midi, tous les participants à la construction du fourneau rentrent dans leurs maisons, apparemment sans se soucier de l'évolution de la combustion. Moi, je me tiens encore, tendu, près du fourneau et je constate seulement en début de soirée qu'au niveau du «ventre» le mur du fourneau s'est réchauffé. A ce moment, ni fumée ni flammes ne sont visibles et le réchauffement de la paroi extérieure est si faible que l'on ne peut pas s'y brûler la main.

Il y a une partie du minerai apprêté qui n'avait pas été utilisée. Je propose de le conserver afin de le montrer, à l'occasion, aux visiteurs et aux touristes. Mais ce n'est pas possible et le jour même, vers le soir, *l'ogbel* supervise personnellement l'enfouissement du reste du minerai à proximité du fourneau. Selon le constructeur du fourneau, il ne faut pas laisser traîner le minerai dehors la nuit de peur qu'il n'attire les mauvais esprits⁽³⁾. Les femmes des charbonniers récupèrent le lendemain le reste du charbon de bois qu'elles utilisent dans leur ménage.

(1) Sans avoir analysé les divers rites, je constate seulement que le *néré* joue un grand rôle dans de nombreuses cérémonies rituelles en relation avec la construction d'un fourneau.

(2) Pour les femmes qui n'ont pas le droit de participer à ce repas rituel, l'accès au fourneau demeure interdit.

(3) Une exception n'a été possible que pour un petit échantillon qui se trouve maintenant en la possession de l'Institut Frobenius à Francfort sur le Main.

Lorsque la nuit vers 23 heures je regarde de nouveau le fourneau, j'y vois pour la première fois à travers les tuyères une lueur faible et orange qui indique que le feu brûle. A l'aide de l'échelle, je pus constater qu'à cet instant le charbon de bois était descendu à 20 cm du bord du fourneau. La zone la plus chaude du fourneau, pour autant qu'on puisse s'en rendre compte de l'extérieur, se situe légèrement au-dessus de la bande de cendre blanche.

18. 12.

Cette nuit-là, j'entreprends un essai de mesure avec le pyromètre que j'avais apporté en fait pour mesurer la cuisson des pots. La pointe du thermomètre est équipée d'une couverture d'acier en forme de bâton que l'on peut introduire facilement dans le fourneau à travers une tuyère. Mais on n'y constate qu'une température constante de 800° C. Lorsque le lendemain matin vers 7 heures *l'ogbel* vient voir le fourneau, il remarque le thermomètre de fer et entre dans une grande colère car la présence de celui-ci aurait retardé, selon lui, le processus de combustion dans la zone de cette tuyère. Et il ajouta que si le processus de fonte devait échouer, mon expérimentation nocturne en serait responsable.

Le niveau du charbon de bois est descendu maintenant à 60 cm environ au-dessous du bord du fourneau, la zone la plus chaude se trouve en ce moment à mi-hauteur entre la bande de cendre et les tuyères. Pendant la nuit, la paroi d'argile a reçu de nombreuses fissures fines, ce qui indique qu'une température très élevée a probablement régné dans le fourneau.

L'ogbel a apporté une longue barre de fer (*legbataale*) avec laquelle il pique à tour de rôle dans chaque tuyère pour vérifier si du laitier liquide n'y a pas pénétré. Grâce à la coloration claire ou foncée du feu visible à travers les trous, il me montre que la combustion dans la zone où j'ai introduit le thermomètre n'a pas atteint l'intensité voulue. Le constructeur essaie alors de remédier à cet état de choses en enlevant les trois tampons des tuyères de la porte du fourneau et en les mettant dans la tuyère appelée *mpullondaan*, -elle a été la première à être pratiquée au moment de la construction du fourneau (cf. 14. 11.) et passe pour être le «maître des trous d'aération»- et dans deux autres tuyères dans lesquelles la combustion paraît déjà particulièrement avancée.

Toutes les heures, *l'ogbel* revient faire une ronde pour contrôler avec sa barre les tuyères et dégager ça et là de petits flocons de laitier qu'il me montre comme étant la preuve du bon fonctionnement du fourneau.⁽¹⁾ A partir de midi, il vient à des intervalles plus rapprochés et ne quitte plus le fourneau à partir de 13 heures, étant donné que, comme il me l'explique, «la phase chaude» pendant laquelle le fourneau «travaille» commence. Il essaie de me montrer le changement de couleur du feu par rapport au matin et attire mon attention sur le crépitement de plus en plus fort, perceptible à travers les trous d'aération. Pour moi le profane, le fourneau dans son ensemble n'est qu'une «black box» dont le fonctionnement intérieur m'échappe encore à ce moment et je ne peux qu'espérer qu'au troisième jour un résultat positif en sort. En revanche pour le constructeur, il existe tout une série de perceptions qui le renseignent sur le déroulement de la combustion, la température et l'évolution du laitier, et auxquelles il peut réagir au bon moment et de la bonne manière. Pour ce faire, il se sert essentiellement de la barre de fer et des tampons en argile qui ont tous été déjà enlevés à midi. *L'ogbel* observe de manière très intense la coloration du feu dans la tuyère centrale de la porte du fourneau à travers laquelle il peut suivre l'évolution du laitier. A 16 heures, il m'informe qu'entre-temps il s'est formé suffisamment de laitier et qu'il lui semble opportun d'essayer de le faire couler. Il creuse alors à l'aide de sa barre dans le sable de la porte du fourneau un couloir étroit qui à l'extérieur commence directement au-dessus du sol et qui monte en pente oblique jusqu'au milieu de la sole du fourneau. Ce premier essai échoue et le couloir est aussitôt refermé avec du sable.

Une heure plus tard, il ouvre de nouveau le couloir et cette fois-ci un mince filet de laitier rouge incandescent se déverse brusquement et le longe. (Fig. 19) Le laitier apparaît fluide comme de l'eau, mais se solidifie en quelques minutes en refroidissant et devient noir profond. La quantité totale de laitier écoulé s'élève seulement à 0,2 litre environ. La joie de *l'ogbel* et celle de ses manoeuvres est alors grande étant donné que l'on considère que l'écoulement de laitier est un signe sûr qu'il y aura du fer. On me permet même, à ma demande, d'introduire un bref instant mon thermomètre qui indique cette fois des températures dépassant largement 1000°C. Mon thermomètre n'est pas fait pour mesurer des températures

(1) La pénétration de laitier liquide dans un ou plusieurs bouts de tuyères est la panne la plus souvent redoutée: le laitier liquide se solidifie aussitôt à l'air froid soufflant de l'extérieur dans la tuyère. La tuyère se bouche et le feu s'étouffe à l'intérieur. Ce problème est bien connu de *l'ogbel* et d'autres dans la région, puisqu'on trouve en grand nombre dans plusieurs vieilles fonderies les bouts de tuyères remplis partiellement ou entièrement de laitier solidifié qui traînent. Les exposés de Celis (1991 : 153) sur les fonderies mises en évidence sur le plan archéologique montrent bien que cet élément technique n'a pas d'importance qu'au Nord-Togo.

plus élevées qui auraient pu régner dans le fourneau⁽¹⁾.

Encore une fois, peu de temps après à la tombée de la nuit, *l'ogbel* me fait savoir que «la phase de travail» du fourneau est terminée et que pour cette raison il pouvait partir. Cette phase de travail n'aura donc duré que de 13 heures 30 à 19 heures.

Bientôt, je me retrouve seul près du fourneau au sommet duquel une flamme pointue bleu pâle est visible dans l'obscurité qui commence à tomber. L'évolution de la chaleur semble avoir atteint son point culminant quand bien même la formation de fer est terminée, comme me l'assure *l'ogbel*. Jusque vers minuit, la flamme qui brûle au dessus du fourneau devient de plus en plus visible, monte de plus en plus, jusqu'à ce que, devenue très mince et mêlée de flammes claires, elle commence à vaciller et rappelle un bref instant par sa forme, avant de s'éteindre, un feu de bois.

19. 12.

Le lendemain matin, plus aucun brasier n'est visible et l'on peut voir le jour luire à travers les tuyères quoique le fourneau soit encore chaud. Le fourneau est encore si chaud à l'intérieur qu'on ne peut pas l'ouvrir et *l'ogbel* et ses manoeuvres qui attendent impatiemment le résultat doivent attendre jusque vers la fin de l'après-midi.

Finalement, vers 17 heures, *l'ogbel* arrive avec une hache (*kococo*) et deux des manoeuvres avec de grandes barres et commencent par dégager le sable de la porte du fourneau. *L'ogbel* regarde le premier dans le fourneau et constate que la loupe reste partiellement collée aux bouts des tuyères si bien que l'on doit d'abord essayer de les dégager avec la hache. Malheureusement, il ne réussit pas après tous ces préparatifs à sortir la loupe en entier du fourneau. Les manoeuvres peuvent la soulever à l'aide des longues barres et même la tourner à l'intérieur du fourneau mais on endommagerait la porte si on la sortait de force. C'est pourquoi, *l'ogbel* monte dans le fourneau et divise la loupe en 6 gros morceaux qui peuvent facilement passer par la porte. A première vue, tous les morceaux ont l'aspect de laitiers cuits, partiellement mélangés avec du sable et qui contiennent même des fragments d'argile provenant de la paroi du fourneau et dont la partie supérieure présente des morceaux de charbon plus ou moins gros non consumés. Les parties

(1) En 5 minutes, l'indicateur électronique monte à la valeur maximale de 1000° C pour laquelle le thermomètre est fait, la dépasse et atteint le dernier cran, ce qui correspond à 100° C environ. J'enlève aussitôt le thermomètre, l'alliage de tungstène du revêtement qui, selon la plaque signalétique, résiste jusqu'à 1200°C, a cependant quelques petits trous. La forte chaleur qui règne juste derrière les bouts des tuyères et l'oxygène qui y pénètre ont fait fondre le métal.

de la loupe qui viennent du fourneau sont découpées aussitôt avec la hache et libérées du laitier qui y adhère, mais ceci ne peut se faire que grossièrement. Par conséquent *l'ogbel* ne peut pas constater quelle quantité de fer tel ou tel morceau contient.

Pour ce faire, il soulève encore une fois chaque morceau, en évalue le poids par rapport à la grosseur et met de côté les morceaux relativement légers qui, à son avis, ne contiennent pas du tout de fer. Il travaille les morceaux relativement lourds avec le *kococo* jusqu'à ce qu'il puisse me montrer sur chaque fragment divers endroits où non seulement du laitier sec a sauté après les coups du *kococo*, mais où des zones plus ou moins grandes se sont déformées comme du plastique en gardant la marque ébréchée du *kococo*. Cela constituait à son avis la preuve que ces fragments contenaient du fer, étant donné que seul le fer pouvait se déformer (Fig. 20)⁽¹⁾. Ceci permet de se faire une idée approximative du «contrôle de qualité» auquel les maîtres-fondeurs et les clients soumettaient autrefois une marchandise.

Tous les fragments de loupe présentent une forme régulière. Dans la partie inférieure se trouvent de grandes quantités de sable, collé par le laitier (*tigin*) qui s'y est infiltré, dans la zone intermédiaire se trouve le fer (*tukun*), et dans la partie supérieure on reconnaît un laitier bulleux (*kukon*), collé partiellement avec du charbon non consommé. Pour le laitier qui a débordé du fourneau, il y a un nom particulier : *tepabee* (cf. à ce sujet le chapitre 3.5 également).

Au total, 10 fragments de loupe de taille variable contenant du fer ont été choisis. Le «régent» en retient 4 pour les groupes de touristes, je peux emporter les 6 restants. Le poids des fragments s'élève en moyenne à 2 kilos, dont on doit retirer une certaine part de laitier, je peux donc évaluer le rendement en fer à un total de 8 - 12 kg. Par rapport au minerai de fer dont la masse s'élevait à environ 35 kg et qui contient selon la formule chimique 24 kg de fer pur, le rendement s'élève globalement à un tiers ou à la moitié, ce qui constitue, comparé aux rapports que Hupfeld a observés, un résultat au moins aussi bon, vraisemblablement même meilleur.⁽²⁾

L'ogbel à qui je demande s'il est satisfait du résultat me répond qu'on n'en avait rarement obtenu de meilleur par le passé. Cependant, il avait espéré obtenir

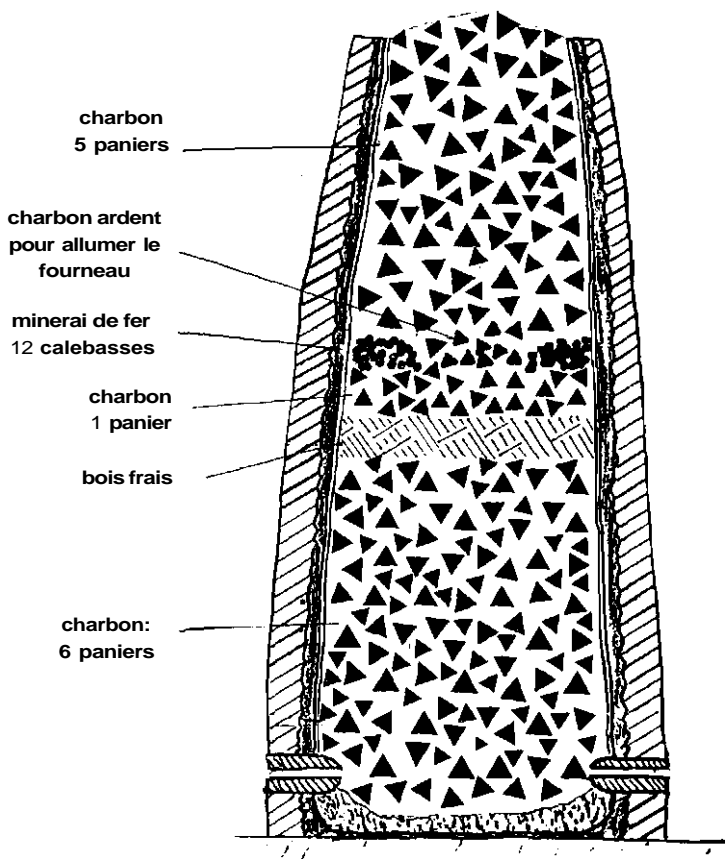
(1) Des hôtes de Sokodé qui m'ont rendu visite ce jour étaient aussi très intéressés par la question de savoir si les produits du fourneau de fonderie contenaient du fer. Certains fragments de loupe qu'ils ont découpés avec un tailleur à Sokodé confirmèrent quelques jours plus tard le diagnostic de *l'ogbel*.

(2) Hupfeld (1899 : 181) a estimé le rendement de la fonte qu'il a observée à 24% seulement.

une loupe en forme de faucille telle qu'il en avait vu sur les vieilles photos (cf. également Fig. 2) que j'avais apportées. Il croit en ce qui concerne la construction et le procédé que tout a été correct, mais que le fourneau a été construit trop près des maisons et qu'il aurait subi les influences néfastes des femmes ou autres passants.⁽¹⁾

Fig. 12: Coupe longitudinale d'un fourneau rempli

Juste après le chargement et l'enlèvement des bâtons des tuyères



(1) Il faut noter ici que dans les dernières années de la fonte traditionnelle que *l'ogbel* lui-même avait encore vécue, les fourneaux étaient construits en un endroit caché et loin des habitations pour que les autorités coloniales qui les avaient interdits ne puissent pas les trouver. On peut encore trouver en grand nombre même à proximité des maisons des restes de fourneaux encore plus vieux.

Fig. 13 : Coupe latérale d'un fourneau chargé (110 cm de hauteur, diamètre extérieur environ 100 cm)

Les 12 calebasses de minerai de fer sont renversées une à une le long de la paroi si bien que le minerai se dépose en prenant la forme de la loupe qui en sortira plus tard. Dans la zone centrale ne se trouve que du charbon de bois.

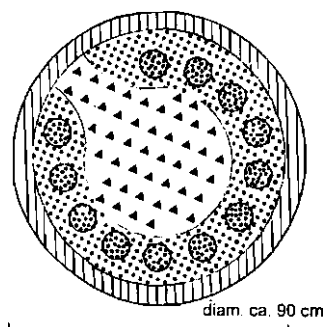


Fig. 14: Coupe latérale au niveau des tuyères (schématiquement 120 cm de diamètre)

9 des 12 tuyères se trouvent à distance égale l'une de l'autre dans la paroi du fourneau, 3 autres à distance plus réduite l'une de l'autre dans la porte du fourneau (hachuré lin). La tuyère quadrillée sans tampon est le «maître des tuyères» (*mpullondaan*), elle a été la première qui a été ramonée à la construction du fourneau. L'autre tuyère quadrillée se trouve un peu plus bas que les autres, elle sert à l'observation de l'évolution du laitier pendant la fonte. Elle et les tuyères voisines sont fermées avec de petits tampons d'argile au début de la fonte.

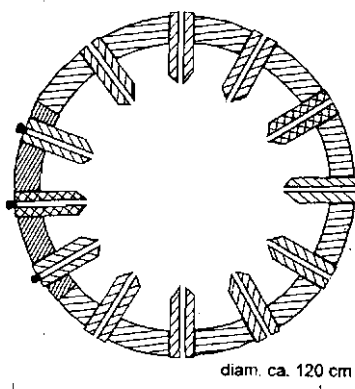


Fig. 15: Préparation du minerais: concassage



Fig. 16: Modelage des tuyères

Tout autour du fourneau on voit les matières premières les plus importantes pour la combustion : Charbon de bois, bois vert et diverses sortes de sable. Le minerais de fer est caché par le fourneau.



Fig. 17 : Le chargement du fourneau

Le constructeur est assis au-dessus du fourneau et on lui donne du matériau de construction, du charbon de bois et du minerai de fer.



Fig. 18 : Après l'allumage du fourneau une bande blanche est peinte autour de son «ventre»



Fig. 19 : Perçage du laitier liquide (environ 30 heures après l'allumage du fourneau).



Fig. 20: Morceau de loupe avec du fer. On reconnaît au milieu de l'image le fer aux traces parallèles laissées par la hache.



2. 2 Technique de forge chez les Kabye et les Nawdéba

2. 2.1 Traitement de la fonte brute et fabrication de lames de houe

Au printemps de 1989, je fis des recherches de terrain dans la région de Kouméa à quelques kilomètres au nord de Tcharè (voir carte 5, p. 24) ; il s'agissait pour moi de rassembler des données sur la culture matérielle des Kabyè. J'eus par là l'occasion de poursuivre le traitement d'une partie de la fonte brute produite dans le fourneau de Bandjéli. Déjà, à Bandjéli, on a souvent attiré mon attention sur le fait que les forgerons Kabyè étaient, avec ceux des Lamba, les derniers à s'y rendre encore au cours des années cinquante pour acheter de la fonte brute produite selon un procédé traditionnel. Encore à une période plus reculée, à l'époque précoloniale et pendant les premières décennies de la pacification, il y avait assurément des commerçants kabyè appartenant le plus souvent aux familles de forgerons qui sont spécialisés dans ce domaine et qui se chargeaient tout spécialement de l'approvisionnement en matière première et du transport de celle-ci.

Les forgerons kabyè utilisent les mêmes outils que les forgerons traditionnels bassar. Cette concordance concerne aussi bien le soufflet (Fig. 23)⁽¹⁾ que les différents marteaux en pierre dont il existe tout un arsenal dans chaque forge, et l'enclume. Même la disposition des outils et de la cheminée dans la forge, la composition du groupe de travail et l'horaire de travail préféré sont identiques pour les forgerons bassar et kabyè.

Après avoir rangé la fonte brute dans mes bagages, j'empruntai donc les routes commerciales traditionnelles et je rencontrai également à Tcharè des forgerons qui se faisaient passer pour des experts dans le traitement de ce matériau⁽²⁾. Bandjéli ou *kbandja*, comme on l'appelle ici, est une localité bien connue partout, même si autrefois un grand nombre de forgerons ont acheté la fonte brute grâce aux intermédiaires sur les marchés de Yada (près de Kara) et de

(1) Von Luschan (1909) désigne cet instrument que l'on ne rencontre pas habituellement sous cette forme en Afrique subsaharienne sous le terme de «Balgengebläse». Le chap. 3.6 comporte une explication plus détaillée des outils de la forge.

(2) Bien sûr, j'ai emprunté cette voie, parce que j'y étais contraint, dans la mesure où il n'y avait plus un seul forgeron travaillant avec des outils traditionnels dans la région de Bassar et qui aurait été en mesure de façonner la lame de houe à partir de la fonte brute. Dugast (1986) avait essayé, lors d'un séjour plus long sur le terrain, d'obtenir des informations plus précises sur le métier du forgeron en milieu bassar en interviewant les vieux forgerons qui ne sont plus en activité à l'heure actuelle. Les résultats qu'il a obtenus concordent largement avec les données que j'ai pu moi-même rassembler en observant les Kabyè.

Hodo (c'est le marché de Tcharè)⁽¹⁾. Dans beaucoup de maisons, des forgerons exhibaient encore de nombreuses loupes plus ou moins bien conservées dans leur forme originale, où l'on reconnaissait encore parfaitement la forme typique en croissant.

Cette fonte brute, les forgerons l'utilisent encore de nos jours en toutes petites quantités lorsque, lors de la fabrication d'une lame de houe, des fissures apparaissent dans l'ouvrage. Les forgerons coincent dans ces fissures minuscules de tout petits morceaux de fer pur de la taille d'un millimètre, puis ils chauffent la lame de houe et la martèle jusqu'à ce que la fissure soit comblée. Je ne suis pas certain qu'il y ait une explication technologique à ce procédé.

Mais avant que les travaux ne commencent dans l'atelier, il fallait mener encore de longs pourparlers avec le "chef"⁽²⁾ local jusqu'à ce que nous tombions d'accord sur un prix et que le chef désigne un forgeron d'un certain âge susceptible d'exécuter ce travail.⁽³⁾

26. 2.

Lors de ma première visite à Tcharé, j'entre en pourparlers avec le "chef" local. Ce dernier m'invite à lui montrer la fonte brute que j'avais sur moi ; là-dessus, il prétend que ces morceaux de loupe ne contiennent pas de fer (Fig. 24). Je le contredis en soutenant que les gens de Bandjéli avaient constaté assurément qu'ils en contiennent. Mais la quantité et la qualité du fer étaient-elles suffisantes pour permettre la fabrication d'une houe comme je l'avais demandé ? Toute cette discussion autour des morceaux de loupe est naturellement de la part des forgerons de Tcharé une tentative -entre-temps, on a appelé quelques-uns en renfort- pour mettre en valeur leur compétence par rapport à mon ignorance. J'aurais probable-

(1) Mais il n'y a jamais eu de marché de la fonte brute dans la région de Bandjéli. Là, on se faisait livrer directement le produit tant convoité par les producteurs.

(2) Traditionnellement, il n'y avait pas de chefferie chez les Kabyè ; les chefs ont été, au contraire, désignés, avec des fortunes diverses, par l'administration coloniale allemande et française. C'est pourquoi le "chef local éprouve des difficultés, même de nos jours, pour déléguer une tâche quelconque aux membres de la localité qu'on lui a attribuée. Par contre, la chefferie a existé à Bandjéli, au moins depuis le début du 19ème siècle, de sorte que la structure traditionnelle du pouvoir a prévu bien plus tôt là-bas que le "chef peut affecter un certain nombre de tâches aux membres de la localité.

(3) Le fait que de nombreux touristes, venant de Kara qui n'est éloigné que de quelques kilomètres de Tcharé, accèdent facilement à l'atelier des forgerons dont le travail, du reste, ne suscite que peu d'intérêt sur le plan ethnographique (excepté Cridel en 1967), pose un problème particulier. On exige naturellement de ces touristes des sommes relativement élevées, rien que pour observer les forgerons au travail. Quant à moi, je n'étais absolument pas disposé à payer ces sommes. Ce n'est que grâce à un ordre écrit du préfet de Kara, que je voudrais remercier ici, que je pus parvenir rapidement à un accord avec les forgerons.

ment cédé sur ce point, si les indications données par l'*ogbel* de Bandjéli n'avaient pas été confirmées lorsque nous avons coupé en deux un morceau de loupe à Sokodc. (Ce faisant, on a mis à jour des morceaux de fer massif ayant jusqu'à 10 cm de diamètre). En tout cas, j'affirme avec insistance qu'il y a suffisamment de fer dans la loupe que j'ai ramenée pour fabriquer une houe et le "chef" me promet de faire un essai à la condition toutefois que je laisse la matière première chez lui, dans sa maison. Il pourra la présenter à différents forgerons d'un certain âge. Celui d'entre eux qui se sent capable de faire ce travail, le fera.

28. 2.

Le lendemain, de bonne heure, le forgeron chargé de ce travail, attendait déjà mon arrivée dans le vestibule du "chef". Nous prenons alors les morceaux de loupe que nous transportons à l'entrée du vestibule où l'un des nombreux blocs de roche, si caractéristiques pour le paysage kabyè, était prévu comme enclume.

Entre-temps, un aide-forgeron, habituellement chargé du marteau dans une forge, arriva sur les lieux avec un gros marteau taillé dans un bloc de quartz. Il se met alors à marteler aussi fortement que possible et à tour de rôle les différents morceaux. Ce faisant, il les réduit en fragments plus petits. Des parties entières, constituées uniquement de laitier, volent en éclats comme du verre. D'autres, contenant du fer, tiennent mieux ensemble et se déforment progressivement. Les miettes fines de laitier (*nyobindo*) sont aussitôt balayées et mises en tas de côté. Quant aux morceaux plus grands, on les soumet à une expertise afin de déterminer leur teneur en fer, puis on continue à les marteler pour les débarrasser des fragments de laitier qui y adhèrent encore. Ce faisant, au plan technique, on prend en compte la capacité plastique du fer à se déformer (*nyuyu*). Par contre, les différentes formes de laitier qui restent collées aux morceaux de loupe sont toutes très cassantes ; elles se désagrègent rapidement en une poussière de particules.

Les morceaux de fer dont le diamètre se situe entre 1 et 10 cm sont transformés en figures plates de moins de 2 cm de hauteur. On remet ces disques debout, puis on les martèle jusqu'à ce qu'ils deviennent de nouveau plats ; ils se brisent partiellement pendant cette opération dans la mesure où ils comportent encore du laitier. Le vieux forgeron ne cesse de soulever les morceaux les uns après les autres ; il les examine pour déterminer les restes de laitier, si minimes soient-ils, puis il les dépose, soit dans une grande calebasse qu'il avait apportée à cet effet, ou bien sur le bloc de roche afin de les marteler à nouveau. La majeure partie de la fonte brute doit être ainsi aplatie à plusieurs reprises, remise debout, aplatie à nouveau, avant d'aller rejoindre les morceaux déjà sélectionnés comme fer pur.

Ce faisant, le forgeron remarque à la couleur du fer si ce dernier est pur ou

bien s'il comporte encore des impuretés. Le fer pur a une couleur mate, gris clair et luit par endroits d'un éclat terne. Les endroits sombres et sans éclat représentent des inclusions de charbon de bois que l'on doit totalement éliminer. Les endroits rouge brun sont des restes du minerai dont on doit débarrasser aussi le fer en le martelant. En donnant les coups de marteau, on doit veiller à frapper suffisamment fort pour déformer le fer, mais pas trop toutefois, de peur que, de l'avis du forgeron, le charbon ne colle au fer.

De cette façon, on a réussi à obtenir près de 3 kg de petites boules de fonte brute pure en l'espace de 2 heures. Le forgeron prépare alors un liquide épais à base d'argile (*ciuu*) prélevée tout simplement sur le mur d'une maison effondrée, d'eau et de décoction gluante obtenue à partir de l'écorce d'un arbre (*mowkuedow*). Cette boue gélatineuse (*kpenando*) est minutieusement pétrie jusqu'à ce qu'il ne reste plus de grumeaux durs d'argile.

Le forgeron pose alors une des feuilles de papayer -il en a cueillies auparavant un certain nombre- à plat dans la paume de sa main gauche ; de la main droite, il prend les morceaux de fer l'un après l'autre, les plonge dans ce liquide argileux et les dépose ensuite sur la feuille de papayer. Lors de cette opération, il dispose les petits morceaux avec un soin méticuleux pour éviter, dans la mesure du possible, qu'il y ait un espace vide entre eux. (Fig. 25). Au cas où des vides apparaissent cependant, on les comble à l'aide de grosses gouttes de cette masse visqueuse. Dès qu'il recueille ainsi sur la feuille une quantité de fer correspondant à peu près au contenu d'une main, il ramène les bouts pennés de la feuille et les rassemble, obtenant ainsi un paquet à peu près gros comme le poing⁽¹⁾. Puis il attache tout le paquet par le haut à l'aide d'une fibre faite de la nervure d'un palmier à huile et il retrempe l'ensemble dans le liquide. Jusqu'au début de l'après-midi, il a fabriqué ainsi, à partir de la fonte brute, 6 paquets de fer trempés dans de l'argile (*nyuhoye*). (Fig.26)⁽²⁾

(1) J'ignore comment on traite les morceaux de fonte brute plus importants du genre de ceux qui étaient contenus en partie dans les morceaux de loupe que nous avons coupés à Sokodé. Ces morceaux gros et massifs qui, jadis aussi, n'ont probablement constitué qu'une petite partie de la production de fer, ne pouvaient évidemment pas être coincés dans les paquets n'ayant que la grosseur d'une main.

(2) Jadis on a appliqué aussi cette technique dans la région de Bassar. Mais les forgerons Bassar enveloppaient les paquets de fer trempés dans de l'argile et que l'on appelait là-bas «*dítankundi*», dans une herbe particulière, afin de maintenir les morceaux collés les uns aux autres. On peut dire de façon plus précise que ces paquets sont des boules étant donné qu'ils épousent pratiquement une forme sphérique due au matériau d'emballage.

Le vieux forgeron de Tcharé m'a expliqué que l'emploi des feuilles de papayer n'était dû qu'à la forme de ces dernières, étant donné qu'on pouvait attacher aisément leurs nervures disposées en doigts (exactement comme pour les feuilles de manioc) et obtenir un paquet compact.

Chaque paquet contient 0,5 kg de fer environ. Je prends deux des paquets de fer trempés dans de l'argile pour les faire analyser et pour les garder comme pièces documentaires. Quant aux quatre autres, leur traitement doit être poursuivi dans la forge dès qu'ils seront secs⁽¹⁾. D'après mes estimations et de l'avis des forgerons, deux paquets de fer trempés dans de l'argile suffisent pour la fabrication d'une lame de houe. Je formule cependant le souhait que l'on ne fabrique qu'une houe et qu'on y ajoute différents menus objets. Comme le séchage dure au moins deux jours, nous avons convenu que les travaux seraient poursuivis à la forge le surlendemain. L'atelier du vieux forgeron est installé dans une case séparée, située à quelques mètres de sa concession. La petite case ronde, construite en argile et couverte de paille, n'est munie que d'une entrée et de quelques trous ronds et étroits situés à mi-hauteur des murs extérieurs ; ils sont destinés à l'aération des lieux. Cependant beaucoup d'autres forges se trouvent installées dans les vestibules des concessions qui sont toujours munies de deux entrées.

01. 03.

D'habitude, les forgerons de Tcharé travaillent de 3 heures de la nuit jusqu'à midi. Mais aujourd'hui les travaux de forge ne commencent qu'après le lever du soleil, étant donné que le premier traitement du fer fraîchement produit est toujours soumis à un certain nombre de cérémonies rituelles. C'est ainsi que l'on doit procéder auparavant au nettoyage de la forge et que le forgeron doit se procurer une poule de Guinée blanche. Pendant qu'on travaille le fer, cette poule qui sera sacrifiée pour l'atelier, est gardée dans un panier posé dans un coin de la forge et ne sera tuée qu'à la fin des travaux de cette journée. On répand alors le sang de l'animal sur l'enclume, le mur d'argile qui entoure la cheminée et le soufflet et on y attache ses plumes.

Une fois que le feu est attisé dans la cheminée, le forgeron y introduit le premier paquet de fer trempé dans de l'argile. La cheminée (*kunduna*) est installée au milieu de la forge. Elle est entourée sur trois côtés d'un mur d'argile semi-circulaire mesurant 70 cm environ de haut. Face au côté ouvert, il y a, à droite, l'enclume (*pye*) qui se compose d'un bloc de roche plat, enfoncé dans le sol et à gauche, le siège du forgeron, taillé également dans un bloc de quartz. De sa place, le forgeron peut tout aussi bien manipuler des objets se trouvant dans la cheminée en s'aidant d'une pince (*kparan*) que travailler sur la grande et la petite enclume. Cette dernière se trouve à côté de la grande enclume, du côté tourné vers le mur.

L'apprenti se tient debout avec les marteaux face au forgeron, dans une position telle que l'enclume se trouve au milieu des deux. Derrière l'apprenti, le long du mur principal, on trouve les différents marteaux en pierre (*sere*) qu'il

(1) Dans la collection de l'Institut Frobenius, la pièce est inventoriée sous le numéro Af 5064.

utilise lors des différents travaux.⁽¹⁾ L'apprenti chargé du soufflet (*huyiri*) s'installe de l'autre côté de l'atelier, derrière le petit mur d'argile. Ce dernier le protège quelque peu contre la chaleur de la cheminée lors du rude travail qu'il effectue avec le soufflet. L'air chassé par le soufflet est acheminé sous le mur jusqu'à la cheminée grâce à une tuyère (*hina*) de 80 cm de longueur environ (Fig.21).

Le balai (*kpesao*) est un outil important du forgeron ; il sert pour nettoyer l'enclume. Ce balai dont il n'existe qu'un exemplaire dans chaque forge, représente une espèce "d'insigne" du forgeron. Le fils l'hérite de son père ; il le conserve soigneusement et, aux heures où le travail vaque, il le cache dans une chambre avec les autres outils mobiles.

Le paquet de fer trempé dans la solution d'argile doit rester au moins une heure dans le feu. Pendant ce temps, l'apprenti s'active sans interruption autour du soufflet pour produire la chaleur la plus intense possible ; le forgeron retourne à plusieurs reprises le paquet et l'enfouit à chaque fois un peu plus dans la braise. Ce faisant, il expose à tour de rôle, pendant quelque temps, les différents côtés du paquet à la sortie de la tuyère qui constitue, bien entendu, l'endroit le plus chaud de la cheminée. Après un bref moment, il ne reste plus rien de l'emballage de feuilles. Quand à l'argile, elle commence sous ces températures qui peuvent atteindre jusqu'à 800°C dans le foyer d'une forge, à se transformer en une masse fragile, noirâtre et parsemée de taches rouges vives, qui maintient cependant encore les petits morceaux de fer d'un blanc incandescent collés les uns aux autres (Fig. 27). S'ils étaient plus gros, les paquets d'argile auraient nécessité vraisemblablement plus de temps dans la cheminée avant d'être chauffés entièrement, de sorte qu'en se limitant à des paquets de la grosseur du poing, le forgeron réalise une importante économie de combustible.

Cette phase du travail représente déjà pour le forgeron une consommation exceptionnellement élevée de charbon de bois. Lors de la fabrication d'une houe, l'apprenti ne doit normalement actionner le soufflet que pendant 2-3 minutes chaque fois que l'on chauffe l'ouvrage, de sorte qu'au total le soufflet ne fonctionne pas pendant plus de 30 minutes ; on peut donc dire que les besoins en charbon de bois lors du forgeage du fer brut représente, dans le cas présent,

(1) Les marteaux en pierre de l'apprenti sont taillés dans du quartz particulièrement dur ou dans du granit conformément aux informations que j'ai tirées de mes lectures. Ces marteaux peuvent peser jusqu'à 10 kg. De forme cylindrique, ils sont arrondis à leur extrémité postérieure et présentent sur leur face antérieure une forme conique, dont la pointe est constituée par un angle obtus de 120 degrés environ et une bordure oblique. L'apprenti doit veiller à, ce que cette bordure reste droite et effilée. Une petite pierre (*pye kilesiye*) avec laquelle il aiguisé régulièrement le marteau fait partie de son arsenal d'outils.

plusieurs fois la quantité utilisée habituellement pour la fabrication d'une houe⁽¹⁾. (Aussi longtemps que le soufflet est en action, le feu consomme beaucoup plus de charbon de bois que s'il brûlait sans apport artificiel d'air).

Le forgeron reconnaît que la bonne température est atteinte lorsque le paquet d'argile lance dans le feu d'innombrables étincelles jaunes incandescentes que l'air d'évacuation projette vers le haut ; mais celles-ci, contrairement aux étincelles du charbon de bois dont la durée d'incandescence est plus longue, s'éteignent déjà, après avoir parcouru une trajectoire de 10-20 cm. A présent, on dépose le paquet, ou plutôt ce qu'il en reste, sur l'enclume à l'aide de la pince. Déjà, à ce moment-là, les restes d'argile rougis au feu se détachent du fer. L'apprenti martèle alors avec beaucoup de précaution le fer brut à l'aide d'un marteau en pierre de taille moyenne, pesant probablement entre 6 et 8 kg et dont la tête est parfaitement lisse. Sous les coups de marteau, des pans entiers, rougis au feu, et semblables en partie à des gouttes d'eau, se détachent du fer ; de toute évidence, il s'agit là des restes de l'argile.

Il s'agit tout d'abord de coup de marteaux donnés en douceur, on dirige davantage le marteau qu'on ne le laisse tomber, car le danger subsiste de voir se casser ce morceau de fer non homogène. Après chaque coup, le forgeron retourne l'ouvrage à 90° avec la pince. Déjà, après le quatrième coup, on le réintroduit dans le feu avant de le soumettre encore à quelques coups de marteau après 10 minutes. Aux différentes teintes que prend l'ouvrage : rouge, orange ou blanche, le forgeron reconnaît si ce dernier qui a pris très vite sous les coups de marteau une forme régulière, est débarrassé des laitiers, des restes d'argile et d'autres impuretés. A la fin de ce processus d'épuration, on a obtenu un morceau de fer parallélépipédique dont les dimensions sont : 1,5 x 4 x 10 cm. Les restes d'argile qui sont encore contenus dans le fer peuvent être éliminés assez vite, étant donné qu'à une certaine température ils se détachent exactement comme le laitier lors de la première épuration effectuée à froid, telle une masse cassante et vitreuse.⁽²⁾

Toute la matinée, le forgeron et ses apprentis sont occupés à traiter de cette façon les paquets d'argile les uns après les autres. Lors du traitement du second

(1) A Tcharé où beaucoup de forges fonctionnent en même temps et où on ne peut plus couper de bois de chauffage depuis longtemps, on importe du charbon de bois de la plaine environnante. Les femmes qui produisent le charbon de bois là-bas et qui le transportent jusqu'à Tcharé sur une distance de 20 à 40 km reçoivent des forgerons jusqu'à 600 F pour le sac de charbon ; ce qui représente le triple du prix généralement exigé dans la région (voir aussi à ce sujet le chap.1.2.).

(2) A mon avis, l'importance de l'argile sur le plan technique consiste à empêcher le fer d'entrer en contact avec l'oxygène aussi longtemps que l'ouvrage est très chaud. Dès que les particules de fer adhèrent quelque peu à la surface, on n'a plus besoin d'argile ; celle-ci se désagrège très vite sous les coups de marteau.

paquet, nous eûmes une malchance contre laquelle le forgeron nous avait déjà mis en garde le matin : sous l'effet d'un coup de marteau trop fort tout au début du forgeage, le paquet encore instable et incandescent, se coupe en deux. Comme il n'est pas possible d'agencer les deux parties, on continue à les traiter séparément jusqu'à ce qu'on obtienne, en fin de compte, deux barres de fer deux fois plus petites que les autres. Au cours de l'après midi, le forgeron et ses apprentis s'efforcent d'économiser le combustible et le temps en chauffant deux boules en même temps, ce qui n'est possible qu'en partie, étant donné que lors de la dernière phase de chauffage, seul l'endroit situé immédiatement à côté de la sortie d'air de la tuyère fournit des températures suffisantes. Jusqu'à 1 lh30, nous avons obtenu trois barres entières et deux demies à partir des paquets d'argile et de fer⁽¹⁾. Cela suffirait pour fabriquer deux houes. Mais le travail ne sera poursuivi que le lendemain. Tout d'abord, on procède au sacrifice de la poule de Guinée et tout de suite après, on fête le succès des opérations de forgeage, ce qui était assurément pour les forgerons aussi un processus compliqué auquel ils ne s'étaient plus livrés depuis longtemps.

02. 03.

Ce jour aussi, le travail ne commença à la forge qu'au lever du jour, conformément au souhait que j'avais émis d'assister à toutes les phases du travail, et pour me permettre de faire des photos. Les forgerons m'assurent que s'ils commençaient à l'heure habituelle, ils pourraient fabriquer en un jour cinq lames de houe (avec la ferraille). En règle générale, une forge ne fonctionne que deux à trois jours par semaine, puisque dans chaque atelier, le forgeron n'est autorisé à produire qu'une quantité limitée de lames de houe qu'il livre ensuite au grossiste ou vend sur la place du marché. Le temps nécessité par le traitement de la fonte brute⁽²⁾ est donc au moins deux fois plus élevé que le forgeage des lames de houe lui-même, processus que je vais décrire ci-après.

(1) Cela signifierait, si l'on étend ce calcul à l'ensemble de la loupe, qu'on pourrait en tirer 20 à 25 paquets de ce genre, ce qui donnerait une quantité équivalente de barres et environ 10 à 12 houes. Selon les renseignements donnés par les forgerons, le sacrifice de la poule de Guinée est nécessaire chaque fois qu'on reçoit à la forge du fer nouveau n'ayant pas encore été traité. On doit donc la considérer comme un facteur de frais lors du traitement traditionnel de la fonte brute. Lorsqu'on ne traite que la ferraille provenant d'Europe, ce sacrifice onéreux n'est pas nécessaire.

Ces données démontrent, je le pense, clairement que la production et le traitement du fer ont toujours été une activité beaucoup plus onéreuse que le forgeage des lames de houes. Même si aujourd'hui les paysans trouvent les lames de houes relativement chères, elles ont dû être beaucoup plus chères encore avant l'importation de la ferraille.

(2) La veille, on avait produit juste assez de matériaux pour permettre la fabrication de deux houes. Il faut calculer en plus le temps de travail nécessaire pour le martelage à froid et la fabrication des paquets de fer trempés dans l'argile.

Avant que le forgeron ne puisse façonner la lame de houe, il faut souder auparavant deux barres de fer. A cette fin, chaque barre est trempée dans le bain d'argile fluide, puis mise au feu. Dès que les deux parties sont chauffées au rouge, le forgeron les pose à plat l'une sur l'autre et il les martèle de toutes ses forces. Dès que les deux parties adhèrent parfaitement l'une à l'autre, on peut commencer à les modeler.

Le forgeron remet encore le fer au feu et demande à son apprenti d'attiser le feu en actionnant énergiquement le soufflet. Dès que celui-ci est chauffé au rouge, le forgeron le retire du feu à l'aide de la pince et le tient sur l'enclume de telle sorte qu'il façonne tout d'abord la tige de la future lame de houe située à l'extrémité postérieure de celle-ci, grâce aux coups de marteau donnés par le second apprenti. Après 10 à 12 coups environ, le fer est déjà trop froid et doit retourner au feu.

A l'étape suivante, on façonne la lame elle-même en commençant par la forme incurvée du dos. En chauffant constamment le morceau de fer, on l'étire pour le transformer en une plaque plus mince ayant une plus grande superficie. Le forgeage s'effectue du milieu de l'ouvrage vers sa périphérie. Ce faisant, on se contente de chauffer la partie qui sera traitée lors de la prochaine phase de travail.

Le mouvement du marteau en tombant sur l'ouvrage chauffé au rouge n'est pas vertical ; bien au contraire il décrit une trajectoire circulaire ; le garçon soulève le marteau tout près du corps, puis il l'abat sur l'enclume, les bras tendus. C'est pourquoi, au point le plus bas, il se produit aussi, à côté de l'effet de choc vertical, un mouvement horizontal orienté vers le corps du garçon, autrement dit, un mouvement dirigé du centre vers la périphérie de l'ouvrage. C'est sur ce deuxième mouvement que repose le fonctionnement du marteau en pierre puisque, lors de cette phase, la pièce de fer plate s'élargit. (Fig. 28)

Finalement la houe (*hagu*) reçoit sa forme extérieure grâce à ce forgeage continu, mais elle est encore tout à fait plate. Quelques coups de marteau assénés dans la partie médiane de l'ouvrage posé sur le rebord de l'enclume, et qui ont été auparavant, en partie discutés en détail par le forgeron et son apprenti, impriment une légère incurvation à la tôle de houe. Ainsi, en moins d'une heure, l'apprenti chargé du gros marteau, a terminé son travail.

Le forgeron prend alors le petit marteau en pierre et continue à modeler l'épine qui doit être toute droite et avoir partout quatre côtés. Puis, ayant posé la houe dans le sens de la longueur sur l'enclume à l'aide d'une pince, il arrange les bords qui ne doivent pas être ébréchés. Parallèlement au bord, il trace, à l'aide de ce marteau, une rainure qui lui permet de contrôler en même temps la régularité

de l'incurvation dans la bordure de la lame et de la corriger en cas de besoin. Au cours de cette phase, il accorde un soin particulier aux deux "oreilles" situées sur l'extrémité postérieure de la lame ; le forgeron peut les rendre plus minces que le reste, étant donné que, dans l'utilisation, elles ne sont exposées à aucune sollicitation mécanique. En fin de compte, le forgeron égalise encore la surface en tapant légèrement avec le petit marteau jusqu'à ce qu'aucune rugosité ou aspérité n'apparaissent.

Le forgeron prend à présent le marteau en fer pour imprimer dans le métal les ciselures ou encore les insignes de la forge (*jajasé*) ; à l'aide de ce dernier, il trace tout d'abord trois lignes directrices sur la surface lisse de l'ouvrage ; la lame de houe est ainsi divisée en quatre parties dans le sens de la longueur. Des signes obliques disposés latéralement prennent ainsi place le long de chaque ligne, si bien que toute la surface est recouverte par des motifs s'apparentant à des arêtes de poisson, exception faite de la bordure et des "oreilles" (Fig. 29). Lors de cette phase de travail, on pose la houe sur le rebord de deux enclumes, si bien que la partie exposée aux coups de marteau ne repose sur aucun support direct. Cette position accroît davantage la forme incurvée de l'ouvrage, bien que celui-ci ne soit plus chauffé. Ce n'est plus possible à présent d'apporter une modification essentielle à la forme de la houe sans endommager en même temps les ciselures⁽¹⁾.

De l'avis des forgerons, c'est plus difficile pour eux de traiter le matériau provenant de Bandjéli que le fer qu'ils utilisent habituellement pour les lames de houe. Ces différences s'expliquent certainement par la structure bien moins homogène du fer qui n'a évidemment jamais été traité à la machine, par exemple lors du laminage ou d'un procédé similaire. En outre, le fer traité habituellement par les forgerons kabyè est un acier très mou qui avait été utilisé au Ghana pour la construction des traverses de chemin de fer. En comparaison, l'acier de Bandjéli est en tout cas beaucoup plus dur.

Mais que ce soit pour la fabrication d'une lame de houe à partir de la ferraille ou bien à partir du fer de Bandjéli, le procédé de forgeage est absolument identique ; il y a une exception cependant : tout au début du travail, il faut découper la ferraille, qui se présente sous forme de traverses de chemin de fer, en

(1) D'autres forgerons utilisent d'autres types de ciselures. Ces dernières consistent en partie en lignes simples, tracées à l'aide du burin ou en dessins illustrant des flèches. Chaque famille de forgeron possède ainsi le «label» de sa forge qui révèle en même temps aux clients l'origine de la lame de houe.

morceaux de taille convenable. Les traverses de chemin de fer⁽¹⁾ consistent en des barres de fer d'un centimètre d'épaisseur environ ; ces dernières sont découpées en morceaux rectangulaires de 6 x 12 cm de base à l'aide d'un burin (*nmad*) et ceux-ci ont la même taille que les deux barres de fer soudées issues du fer de Bandjeli.

A ma demande, le forgeron fabrique encore une castagnette (*kaceka*) et le poucier (*kuguye*) y afférent à partir des deux demi-barres. Ce travail de forge n'est exécuté que rarement de nos jours; au plus tôt, il intervient encore pendant la saison sèche, lorsque les besoins en lames de houe sont moindres et que les forgerons ont beaucoup de temps puisqu'il n'y a que peu de choses à faire au champ.

Le forgeron a vite fait de fabriquer le poucier à partir du petit morceau de fer rectangulaire. A cet effet, il n'a même pas besoin de l'assistance de l'apprenti chargé des marteaux. Dès que le morceau de fer est chauffé au rouge, il le sort du feu et le façonne en le martelant légèrement à l'aide du bout étroit du manche d'un de ses marteaux en fer. Certes, cette forme ronde a un diamètre plus grand que celui du futur anneau, mais la courbure encore inexistante est très vite réalisée grâce à quelques coups de marteau.

Quant à la castagnette, sa fabrication exige beaucoup plus de travail : pour commencer, la longueur du morceau de fer prévu à cet effet est portée au double ; en même temps, on forge les extrémités et une partie du milieu jusqu'à ce qu'elles n'aient plus que quelques millimètres d'épaisseur. On continue à marteler les parties plus épaisses jusqu'à ce qu'elles n'aient plus que 5 cm de diamètre chacune et qu'elles soient circulaires. L'ouvrage ressemble à présent à une paire de lunettes dont les verres sont des disques de tôle et dont les branches sont situées au même niveau que les verres. Le forgeron vient de terminer ainsi le « gros oeuvre » et continuant à travailler seul, sans l'aide de son apprenti, il maintient l'ouvrage avec la pince sur la petite enclume située à droite, à l'aide de la main gauche, tout en manipulant les différents marteaux de la droite.

Tout d'abord, il pose l'ouvrage sur l'enclume de telle sorte qu'un des disques plats en tôle se superpose à un creux pratiqué dans l'enclume, puis, à l'aide du bout étroit du manche du marteau en fer, il enfonce la tôle plate là-dedans

(1) On a centralisé l'organisation de l'approvisionnement en cette matière première. Un forgeron kabyè loue à cet effet un camion qui se rend à intervalles réguliers à Koumasi (Ghana) pour y acheter 100 à 200 traverses de chemin de fer d'une valeur de 2 millions de francs CFA environ. Ces traverses sont livrées ensuite pièce par pièce aux différents forgerons de Tcharé selon les besoins et d'après un code fixe.

de sorte qu'elle prend la forme d'une demi-coquille. Il en fait de même avec le second morceau de tôle. Il contrôle exactement l'incurvation des deux lamelles de tôle, puis il apporte des retouches à l'une des deux. A présent, il chauffe la passerelle du milieu et, en se servant toujours du bout du manche du marteau, il la plie en trois quarts de cercle, comme il l'avait fait précédemment pour le poucier. Les extrémités pointues et étirées de l'ouvrage s'adaptent ainsi l'une à l'autre. Le forgeron les plonge dans une solution d'argile déjà apprêtée dans une vieille calebasse déposée dans un coin et chauffe encore une fois cette partie de l'ouvrage. Puis il martèle énergiquement les deux pointes reposant l'une sur l'autre, de façon à les souder. La castagnette a pris définitivement forme. A présent, le forgeron se contente simplement, en tapant légèrement à l'aide du marteau en fer et en s'abstenant de chauffer une fois de plus l'ouvrage, de corriger les petites irrégularités sur les bords des demi-coquilles et sur la pointe étirée.

2.2.2 Remise à neuf et transformation des lames de houe usagées à Baaga

La concession dans laquelle j'avais séjourné à Kouméa en février et en mars 1989 disposait naturellement de toute une série de houes. Comme on me l'a expliqué, on utilise à des usages différents les houes selon leur degré d'usure : seules les nouvelles houes sont utilisées à faire les buttes d'ignames ; quant aux houes plus usées, on peut s'en servir encore pour sarcler. Mais que fait-on des houes dont la lame a subi une usure dépassant un certain degré ? Il y aurait, m'a-t-on dit, chez les Nawdéba des forgerons qui, à défaut de fabriquer eux-mêmes des houes, pourraient parfaitement agencer deux de ces vieilles houes pour en faire une nouvelle. Comme chez les Kabyè, les forgerons nawdéba sont concentrés dans une localité. Traditionnellement, ils ne fabriquaient pas de lames de houe, se contentant de transformer les lames forgées à Tcharé en d'autres objets métalliques.

Entre les forgerons de Tcharé et ceux de Baaga, il existe une véritable complémentarité : les uns sont les créateurs du "modèle déposé", les autres des réparateurs et des artisans qui fabriquent un grand nombre d'autres objets à partir de la matière récupérée.

Comme j'ai pu le constater au marché de Niamtougou où quelques forgerons de Baaga mettent leurs produits en vente, les Nawdéba connaissent toute une gamme de bracelets et d'anneaux de pied en fer aux formes diverses, utilisés en grande partie pour des cérémonies rituelles. Cette grande variété d'objets en fer destinés à la parure, forme un contraste saisissant avec les houes que les forgerons nawdéba ne fabriquent absolument pas eux-mêmes. Toutes les houes des Nawdéba proviennent sans exception des forges kabyè à qui les Nawdéba ont emprunté la forme, l'emmanchement et l'usage de la houe, voire la dénomination

de celle-ci. Ceci s'explique également par l'absence de minerais de fer propres et, à Baaga, la seule localité où les Nawdéba possèdent des forges, les forgerons affirment qu'ils n'ont jamais transformé que le fer provenant de Tcharé.

Je saisis l'occasion de cette conversation pour convenir avec le forgeron *Bagilim Sago Skundi* d'un jour où je pourrais visiter sa forge à Baaga.

12. 03.

La forge de Baaga est constituée par une maison en torchis munie de deux entrées triangulaires. Ces entrées - on en trouve une identique dans chaque maison d'habitation nawda - sont constituées par un triangle à angles aigus dont la petite base commence au sol et n'atteint qu'une hauteur de 50 à 70 cm. La forge n'est plus en activité à l'heure actuelle, étant donné que le vieux forgeron, qui a toujours travaillé ici, est décédé il y a deux ans et que son fils s'est construit un nouvel atelier en briques d'argile séchées à l'air selon un plan rectangulaire, à proximité immédiate de l'ancien bâtiment. On a conservé cependant tous les outils dans la vieille forge si bien qu'elle est toujours fonctionnelle⁽¹⁾. Dans la forge, l'aménagement de l'espace correspond à celui des forges kabyè sauf que la cheminée (*kudbiiné*) est plus petite et que le mur de protection semi-circulaire qui l'entoure atteint une hauteur de plus d'un mètre (Fig. 22). Même le soufflet (*Ugte*) qui, vu du siège du forgeron, se trouve également derrière la cheminée, a été réalisé conformément au même principe technique ; seulement son socle en bois est légèrement plus élevé et les deux cylindres en bois sont reliés par une passerelle à une hauteur de 40 cm. Sur cette passerelle, se trouve une planche dont l'une des extrémités repose sur une plaque de pierre qui se dresse toute droite, constituant ainsi un siège pour l'apprenti chargé du soufflet. A l'instar des forges kabyè, une longue tuyère (*huulu*) passe sous le petit mur en torchis.

Même les deux enclumes (*tandé*), une grande située directement à côté du feu et une plus petite placée à la droite de celle-ci, davantage contre la cloison, correspondent à la disposition observée dans les forges de Tcharé. Ici la pince articulée que l'on rencontre dans toutes les forges là-bas, ne fait pas partie de l'équipement traditionnel. Bien que le jeune forgeron s'en soit procuré une, on trouve encore dans la vieille forge une vieille pince (*bowgu*) qui, sur le plan technique, est construite sur le modèle des pincettes ; deux bras de fer fixés

(1) Peut-être que cette forge a été maintenue en raison du caractère sacré qu'elle a pour le quartier où elle se trouve. Dans la forge, il y a directement à côté du mur de protection qui entoure la cheminée, une plaque de pierre toute droite à côté de laquelle, -comme le laissent penser les traces- on a très souvent fait des sacrifices. Tunis (1991) observa, lors de son séjour parmi les Nawdéba, la coutume consistant à faire des sacrifices pour certains lieux ou objets ayant un lien avec les ancêtres décédés, afin de disposer favorablement l'âme de ceux-ci pour leurs descendants vivant actuellement.

solidement l'un à l'autre qui, grâce à leur élasticité, peuvent être rapprochés ou écartés.

Le fils du forgeron de Baaga a adopté dans une large mesure, dans sa forge, des marteaux en fer moderne et munis de manches, mais il utilise encore quelques-uns des vieux marteaux en pierre (*kudgutande*) de son père, tout spécialement pour aplanir la surface des ouvrages, pour leur donner en quelque sorte le dernier poli. Il dispose également, dans le nouvel atelier, d'un soufflet moderne entraîné par, les pédales d'une bicyclette.

Il m'informe qu'il tire l'essentiel de ses revenus de la soudure de vieilles lames de houe. La lame qui en résulte, a la taille d'une nouvelle houe. Lors de cette opération, une épine de houe reste inutilisée⁽¹⁾. On l'enlève déjà dès le début du travail ; elle devient alors la propriété du forgeron qui s'en sert pour fabriquer des anneaux du pied ou d'autres parures et qui les vend ensuite au marché.

Nous avons convenu que je revienne le lendemain avec deux lames de houe usagées et qu'à cette occasion il me montre les différentes phases du travail dans la vieille forge où il allumera le feu dès le lendemain matin.

13. 03.

Le chef de la concession me remet volontiers deux vieilles houes hors d'usage. Il en possède un grand nombre d'exemplaires, bien plus qu'à son goût. Toutes les deux houes ont été utilisées pendant trois ans, et sous l'effet de l'usure, leur longueur initiale en a été pratiquement réduite de moitié⁽²⁾. Avant de me les remettre, le chef de la concession détache les lames des manches en bois qui, on le sait bien, ne sont d'aucune utilité à la forge.

A mon arrivée, le forgeron de Baaga examine les lames de houe d'un oeil critique afin d'y déceler la rouille ou des fissures minuscules qui auraient rendu

(1) Le profit que le forgeron tire de ce travail correspond à 150 à 200 F CFA (ce qui équivaut au dixième des frais nécessités par une lame de houe neuve) et, en valeur réelle, au fer restant dont le forgeron se sert pour fabriquer d'autres menus objets. Dans un coin du nouvel atelier, le forgeron me montra un amas de plusieurs centaines d'épines de houe détachées qui attendaient leur tour d'être traitées. Normalement le forgeron a, pendant la période de travaux champêtres, c'est-à-dire à la saison pluvieuse, entre 10 et 20 clients par semaine dont chacun lui apporte deux lames de houes usagées.

(2) A l'origine, un commerçant qui s'était spécialisé dans l'achat de ces houes livrées par paquet de 10 à Tcharé et qu'il revendait ensuite au détail dans les marchés de la sous-région, les achetait au marché de Niamtougou. Bien que les acheteurs et les artisans ne se connaissent pas personnellement, en raison du rôle joué par l'intermédiaire, les insignes de la forge, qui constituent un label de qualité, établissent un lien étroit entre le fabricant et le client. Voir également à ce sujet la note 1, au bas de la page 90.

impossible leur transformation, puis il accepte de les souder. Il compare les parties postérieures des lames incurvées avec les parties d'en face finement polies et décide ainsi de faire de la lame la mieux conservée la partie antérieure de la future houe et l'autre sa partie postérieure.

A présent, il enlève l'épine de la tôle antérieure à l'aide d'un burin (*jorga*). Sur l'autre partie, il élimine toutes les inégalités résultant de l'usure et qui mènent à des chevauchements de profondeur inégale avec l'autre tôle. Tous Ces travaux peuvent être exécutés à froid sur l'ouvrage. Le forgeron s'efforce d'avoir de cette façon une largeur d'un centimètre environ partout où la soudure doit avoir lieu, en faisant chevaucher les deux parties. Il faut encore adapter la forme incurvée (moins accusée pour la partie usée de la houe) à l'extrémité opposée qui doit être soudée. La soudure ne peut réussir que si les deux lames se chevauchent sans pression sur la plus grande partie du chanfrein de soudure.

Ce n'est que maintenant que le forgeron plonge à tour de rôle les extrémités des deux tôles qui doivent être soudées, dans la solution d'argile et d'eau apprêtée à cet effet. Puis il introduit ces mêmes extrémités dans la cheminée où elles sont chauffées pendant 10 minutes au moins, pendant que l'apprenti actionne le soufflet sans interruption. Dès que la partie des deux tôles destinée à la soudure est chauffée à blanc, il les sort du feu, pose la partie du devant sur le bord de l'enclume, la face convexe tournée vers le bas, de telle sorte que les coups de marteau ne déforment pas son incurvation, puis il pose l'autre tôle dessus en la retenant tout d'abord par la main gauche.

Ce faisant, il utilise un manche en bois dans lequel il introduit l'épine de cette tôle de houe. La vieille forge dispose de tout un arsenal de ces bois ronds plus ou moins grands qui comportent tous un trou au milieu, permettant d'y introduire commodément toutes sortes d'extrémités pointues d'ouvrages différents. Je voudrais désigner dans les lignes qui suivent, ces bois ronds comme des "manches de rechange" puisqu'on n'y plante un ouvrage que temporairement, le plus souvent pendant une seule phase du chauffage et du forgeage. Ces manches de rechange constituent un complément idéal aux pincettes qui, comme on le sait, ne sont pas aussi faciles à manier qu'une pince articulée.

De la main droite, il manie un petit marteau en pierre avec lequel il donne quelques coups sur la partie à souder. Puis on chauffe à nouveau l'ouvrage ; certes, les deux parties adhèrent déjà l'une à l'autre, mais le forgeron en fixe encore les deux extrémités par la pince et le manche de rechange pour soulager la soudure. Ce n'est qu'après un deuxième passage au feu et le martèlement qui s'ensuit que la jonction opérée est suffisamment solide pour que notre artisan se contente de fixer l'ouvrage par un simple manche de rechange.

Le forgeron va chercher maintenant dans le tas de déchets accumulés dans un coin deux petites bandes de tôle qui ont été détachées des autres lames de houe lors des opérations d'ajustage ; à l'aide d'un marteau, il les plie, les transformant en de petites poches qu'il introduit latéralement dans l'espace vide compris entre les tôles de houe qu'il venait justement de souder. Ces renforcements latéraux sont enduits d'argile et le tout est remis au feu de telle sorte qu'un côté soit d'abord chauffé, puis ensuite le côté opposé. L'assemblage est parfaitement stabilisé à présent. Le forgeron exécute encore d'autres opérations pour ajuster les bandes de tôle et pour aplanir les inégalités subsistant encore dans la zone de soudure. En fin de compte, le forgeron découpe le bord antérieur de la houe à l'aide du burin et le transforme en un demi-cercle régulier, puis il examine la houe pour voir si elle a partout la même incurvation : celle-ci joue un rôle déterminant pour la stabilité de la houe.

A ma demande, le forgeron fabrique encore un anneau de pied à partir de l'épine que l'on jette normalement dans le même tas que les autres restes de fer. A cette fin, il plante le bout effilé de l'épine dans un petit manche de rechange tandis qu'il forge l'autre, celui qui est tronqué et plus gros. En chauffant souvent l'ouvrage, il le transforme en une baguette à quatre pans ayant une épaisseur uniforme⁽¹⁾. Il plante alors un autre manche de rechange au bout qu'il venait justement de forger, puis il enlève celui qu'il a utilisé jusqu'ici, et égalise l'autre bout de la baguette en le martelant. Pendant tous ces travaux, une extrémité de l'ouvrage reste toujours plantée dans un manche de rechange puisque, autrement, il n'est pas possible de saisir avec la main la baguette qui, très vite, devient brûlante sur toute sa surface.

Pour pouvoir tordre la baguette, il faut que celle-ci présente un profil à quatre pans sur toute sa surface. Une fois ce résultat obtenu, on chauffe l'ouvrage en son milieu, là, où la torsion doit avoir lieu. Le forgeron fixe une extrémité de la baguette à l'aide d'un manche, puis serre l'autre dans les branches de la pince juste au-dessous de l'endroit où les deux branches se joignent. Pour pouvoir coincer la baguette brûlante dans la fente étroite des deux branches de la pince, il presse de la main gauche les extrémités inférieures des deux branches. Il se met à tourner alors le manche de bois jusqu'à ce que le fer, en se refroidissant, lui oppose une résistance si grande qu'il soit obligé de remettre la baguette dans la cheminée.

(1) Selon l'épaisseur et la longueur des épines de houe, ce matériau suffit en général à fabriquer deux bracelets ou deux anneaux de pied. Dès que le forgeron obtient une tige de quatre côtés ayant la même épaisseur, il divise cette dernière en deux parties. Il traite chaque partie séparément et la transforme en un bracelet ou en un anneau de pied, compte tenu de sa longueur.

Ainsi le forgeron, en variant la force et la température de l'ouvrage, est en mesure de réaliser toutes sortes de torsions. Quant aux pièces qui doivent subir une torsion complète, il taille leurs extrémités, en effet on a absolument besoin de fixer ces dernières pendant le processus de torsion. Ce n'est qu'en dernier lieu qu'on recourbe la baguette pour lui donner la forme d'un bracelet. Ce faisant, le forgeron se contente de marteler tout doucement l'ouvrage relativement froid, pour ne pas endommager sa structure extérieure.

Le forgeron de Baaga connaît également une technique lui permettant de souder les anneaux de telle sorte qu'ils soient complètement fermés. Il est vrai que la torsion disparaît à l'endroit où la soudure a eu lieu. Pour pouvoir fermer un anneau, il forge d'abord un bout de la pièce qu'il transforme en une épine effilée, puis il traite l'autre à qui il donne la forme d'une tôle plate suffisamment large pour envelopper complètement l'épine. Puis cette tôle est recourbée sous forme de douille et la courbure du bracelet progressivement modifiée jusqu'à ce que l'épine du bout opposé pénètre dans la douille. A présent, le forgeron plonge toute la partie du bracelet qu'il vient de traiter dans la solution d'argile et il la chauffe ensuite à fond. La soudure intervient alors quand il martèle énergiquement l'ouvrage chauffé au rouge à l'aide d'un petit marteau en pierre en s'efforçant de comprimer la douille et d'harmoniser les parties saillantes de la surface de l'anneau, jusqu'à ce que l'endroit soudé ne soit pratiquement plus reconnaissable.

Lors de tous ces travaux, le forgeron utilise différents petits marteaux en pierre dont le plus petit n'est pas plus gros que son propre poing. Il manipule lui-même tous les outils. Si, pour réaliser des travaux difficiles comme par exemple la soudure des tôles de houe, il s'avère nécessaire de manier un gros marteau à l'aide des deux mains, l'apprenti qui actionne normalement le soufflet, interrompt son travail et prend en charge le gros marteau en pierre.

En outre, le forgeron fabrique des lames de hache à partir des épines qu'il a détachées des houes. Bien sûr, je suis très intéressé par cette forme de recyclage traditionnel des déchets (en l'occurrence la récupération des épines de houe) et j'ai convenu avec le forgeron de revenir le lendemain pour observer cette technique.

14. 03.

La fabrication des haches à partir d'épines de houe requiert une technique que le forgeron n'utilise plus de nos jours, étant donné qu'elle nécessite une quantité relativement importante de combustible. Le charbon de bois utilisé lors du forgeage d'une hache revient plus cher que le prix auquel une hache fabriquée avec la ferraille ordinaire est vendue au marché. Au début des travaux de soudure, le forgeron recouvre une fois encore les pièces à traiter d'une légère couche d'argile en plongeant séparément chaque épine de houe dans la solution d'argile.

Puis le forgeron dispose 5 ou 6 épines l'une à côté de l'autre en rang serré ; il les enveloppe alors dans une bande de tôle, en l'occurrence, un déchet qu'il avait détaché d'une lame de houe, transformant cet ensemble en un paquet compact. Ce faisant, il veille à ce que les pointes effilées soient toujours disposées dans un ordre inverse pour éviter des vides dans la mesure du possible.

Il chauffe à fond ce paquet dans la cheminée jusqu'à ce que le fer commence à lancer des étincelles dans tous les sens, comme ce fut le cas pour le paquet de fer trempé dans la solution d'argile que les forgerons kabyè fabriquent en vue de la préparation de la fonte brute. Quand l'ouvrage est chauffé à blanc, le forgeron le retire du feu et le martèle avec précaution, se contentant tout d'abord de donner un nombre limité de coups de marteau, avant de le remettre au feu. Après plusieurs phases de chauffage et de martèlement, le forgeron obtient une barre de fer allongée ayant la même largeur que la lame de hache tout en étant plus mince et plus longue. Les pointes extrêmes de cette barre de fer qui présentent un aspect frangé, sont détachées à l'aide d'un burin.

Des particules cassantes et sombres, d'une épaisseur de quelques millimètres, tombent sans arrêt pendant le forgeage, surtout sous les premiers coups de marteau, mais aussi par la suite. Il s'agit à coup sûr des restes de la couche d'argile, mais surtout de battitures. Ce matériau représente un oxyde de fer qui, dans la cheminée, se forme à la surface du fer. Si l'on compare le poids du matériau au départ et celui du produit fini, la perte de poids enregistré atteint approximativement 20%.

A présent, le forgeron rabat les extrémités de la barre, recouvre une fois de plus l'ensemble de l'ouvrage d'une couche d'argile, le chauffe, puis soude les bouts ainsi rabattus avec la barre. Ce processus de travail comportant l'étirement de l'ouvrage qui se transforme en une bande de tôle allongée, le rabattement des extrémités et la soudure, est répété au moins quatre fois, jusqu'à ce que le forgeron estime que le fer est suffisamment homogène.

Le forgeron attire mon attention sur le fait qu'une lame de hache fabriquée de cette façon est tout aussi valable qu'une autre, mais qu'on ne peut plus utiliser ce matériau pour refaire une soudure⁽¹⁾. L'aspect extérieur de la lame est un peu plus sombre que celui des autres lames fabriquées tout simplement à partir de la ferraille, cependant la lame est parfaitement homogène et stable, quand on la regarde à l'oeil nu.

(1) Le forgeron n'en donne pas la raison. Mais la couleur passablement sombre du métal poli indique que ce matériau contient probablement un taux assez élevé de laitier (provenant des scories de la forge) et qu'il est devenu cassant pour cette raison.

Fig. 21 : Plan horizontal d'une forge située dans le vestibule d'une concession à Katjeka (Pya)

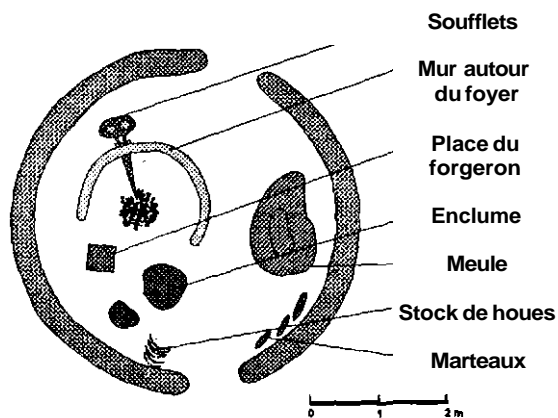


Fig. 22 : Plan horizontal de la forge d'Issa Bukayi

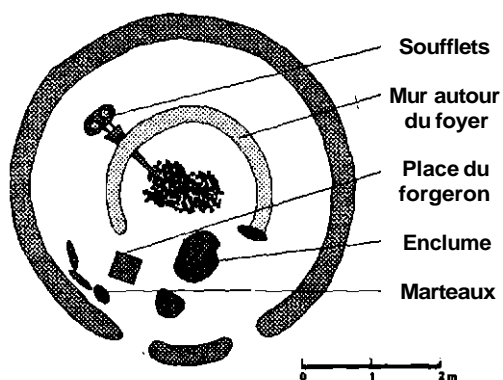


Fig. 23 : Le soufflet (vue générale et plan vertical schématique, hauteur totale : 100 cm environ)

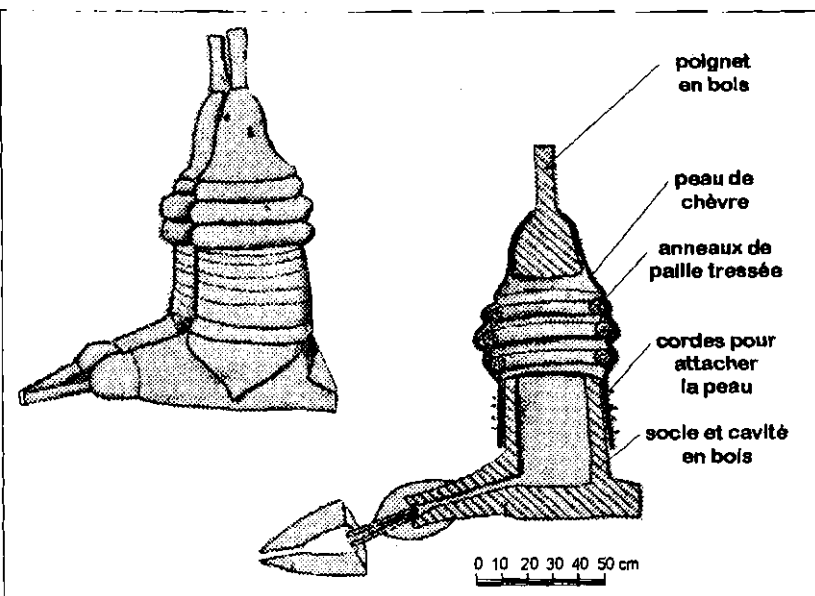


Fig. 24 : Fragments de loupe remis aux forgerons à Tcharé aux fins de forgeage



Fig. 25 : Fabrication des paquets de fer trempés dans de l'argile à Tcharé



Fig. 26 : Deux paquets de fer trempés dans de l'argile, achevés ; chacun d'entre eux contient 0,5 kg de fer.



Fig. 27 : Paquet de fer et d'argile chauffé au rouge dans la cheminée de la forge



Fig. 28 : L'utilisation du marteau en pierre par l'apprenti



Fig. 29 : Des hoes provenant d'une concession de Kouméa et présentant divers degrés d'usure

(On reconnaît encore partiellement les insignes de la forge sur les lames de houe)

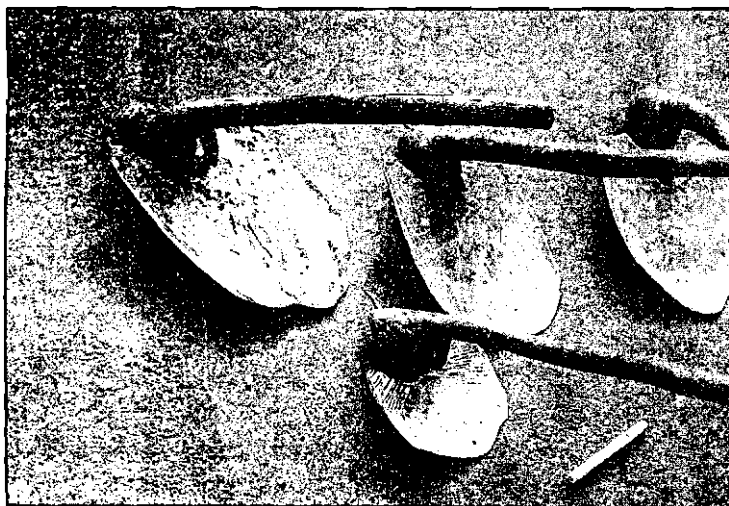


Fig. 30 : Torsion d'une tige de fer quadrangulaire



Fig. 31 : Utilisation du soufflet

(L'apprenti est installé derrière le mur en argile qui entoure la cheminée)



3. ANALYSE DU PROCÉDÉ TECHNIQUE

3.1 Fonte : la structure du fourneau et le déroulement de la fusion

Structure du fourneau

Le paragraphe 2.1 a déjà décrit en détail les phases de la construction du fourneau à Bandjéli. Ce paragraphe-ci doit présenter une fois de plus et en guise de résumé la fonction des différentes caractéristiques du fourneau et le déroulement du processus de réduction tel qu'il a dû se passer à l'intérieur du fourneau.

Parmi les caractéristiques les plus importantes du fourneau de Bandjéli, il faut retenir sa taille particulière. Ce type de fourneau appartient aux formes de fourneaux somme toute les plus grandes dans lesquels la fonte du métal se fait⁽¹⁾ selon le "procédé de coulage"⁽²⁾. D'une part, la taille est naturellement une condition préalable pour que le fourneau fonctionne comme un fourneau à admission d'air, ainsi qu'il sera expliqué plus bas⁽³⁾. En plus, les dimensions internes de la cheminée du fourneau sont un facteur important pour l'oxydation du minerai : aussi bien la réduction que l'oxydation se déroulent mieux dans les conditions de fourneaux avec de longues voies de réaction que dans des fourneaux plus petits⁽⁴⁾. D'autre part, le grand diamètre d' 1 mètre environ comporte aussi des

(1) "Le nom procédé de coulage est à attribuer au signe caractéristique le plus évident de ce dernier, à savoir la coulée du laitier" (Osann 1971: 6). Ce terme désigne ainsi essentiellement toutes les formes de fourneaux de fonte dans lesquels se produit du laitier fluide, mais qui n'ont pas encore les caractéristiques d'un haut fourneau (cf à ce sujet note 1 page 93).

(2) Voir par exemple la liste dans Cline (1937 : 36 et 44ss). Cline n'explique hélas pas sa distinction entre "large furnaces" et "small furnaces" de façon fonctionnelle. Selon Francis-Boeuf (1937:422), seul un type de fourneau de la région de Yatenga dans le Nord du Burkina Faso est encore plus haut en Afrique de l'Ouest. Ces fourneaux doivent avoir bien sûr un diamètre beaucoup plus réduit.

(3) Amborn (1976:26) classe cette forme de fourneau à part comme "haut fourneau par couches", qui contrairement au "petit fourneau par couches", doit avoir une hauteur supérieure à 1,3 m et peut être utilisé seul comme fourneau à admission d'air. Ce n'est pas seulement la hauteur totale qui joue un rôle dans la technique de l'approvisionnement naturel en air, la résistance spécifique qu'oppose le chargement du fourneau au courant d'air est tout aussi importante (cf. à ce sujet également, la note 34).

(4) Osann (1971 : 24). Le long parcours du point de naissance du gaz réducteur au minerai aide particulièrement à la formation de ce gaz riche en monoxyde de carbone et à l'amorce précoce de la réduction à des températures relativement basses dans la zone du minerai à l'intérieur du fourneau.

difficultés particulières concernant la répartition régulière des gaz de réduction pendant la fonte. En ce qui concerne un plan transversal du fourneau à n'importe quelle hauteur, il existe à tout moment au cours de la combustion le danger que dans certaines zones un gaz réducteur plus fort et un gaz réducteur moins fort se dégagent l'un à côté de l'autre et que la réduction ne se produise par conséquent pas de façon similaire dans toutes les zones de la coupe transversale du fourneau⁽¹⁾. Pour remédier à cela, les forgerons de Bandjéli pratiquent une technique particulière avec la disposition du minerai en forme de croissant dans la zone de la paroi du fourneau. En ce qui concerne la cheminée du fourneau, il faut signaler encore une fois l'importance des parois internes lisses et de la forme légèrement conique du fourneau. Ces deux caractéristiques doivent permettre au contenu du fourneau de descendre sans entrave au cours de la combustion. La partie interne du fourneau dont la surface est recouverte d'une mince couche de sable quartzeux et de sanguine, ne doit pas entrer en contact trop étroit avec le contenu du fourneau : le minerai de fer, la fonte brute et le laitier, s'ils entraient en état visqueux ou liquide, en contact avec la paroi du fourneau, ne pourraient plus être enlevés une fois refroidis où solidifiés, sans qu'on endommage le fourneau. C'est pourquoi une réaction chimique entre les substances de la paroi du fourneau et le minerai est fort probablement à exclure. La plus grande propriété du revêtement réside apparemment dans la résistance particulière de la partie interne quartzeuse de la paroi à la chaleur.⁽²⁾

Il en est autrement du sable qui a été déposé en grandes quantités dans la sole du fourneau. Il sert -sur le plan physique- de "lit" dans lequel est recueilli le laitier fluide, sans que celui-ci entre en contact direct avec la paroi du fourneau, et également -sur le plan chimique- comme un composant du laitier.⁽³⁾ Dans le paragraphe 3.3., il sera démontré que selon le volume du laitier une partie du sable

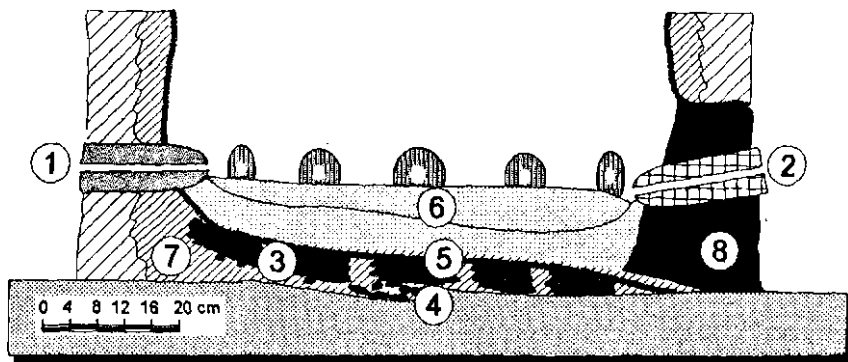
(1) Ici se cache une raison importante qui explique pourquoi beaucoup de fourneaux africains ont un très petit diamètre ne dépassant pas 30 cm : avec ces fourneaux, le rapport entre zones du bord et zones centrales, sur la base du plan transversal du fourneau, est beaucoup plus grand qu'avec les fourneaux qui ont un diamètre d'un mètre environ et qu'on ne rencontre que rarement. Osann (1971 : 16) parle d'expériences au cours desquelles des plans transversaux de fourneau de plus de 30 cm conduisirent à des résultats assez mauvais, étant donné que la résistance variable de l'air dans les zones du bord et dans la zone centrale entraîna un déroulement irrégulier de la combustion. C'est pourquoi de grands fourneaux exigent une très grande maîtrise du danger de rapports variables de l'air à l'intérieur.

(2) Ils décelèrent sur les parois de la cheminée et sur les masses de revêtement la plus forte résistance au feu, à savoir 1700°C, dans les sables quartzeux qui étaient mélangés à de petites quantités d'argile qu'on peut comparer aux actuels mortiers acides et résistants au feu. Osann (1971 : 86) se réfère à cet endroit à un article de Bartuska et Pleiner: "Etudes des matériaux de construction et de laitiers provenant des fourneaux à coulage préhistoriques de Bohême et de Moravie" dans : Contributions techniques à l'archéologie II, Mayence 1965.

(3) Le sable se compose de quartz presque pur (SiO₂) qui est un composant producteur important du laitier, étant donné qu'il agit sur la température de ce dernier en la réduisant. Osann (1971: 36) parle de cas où jusqu'à 15% du laitier ont été formés par des substances du fourneau.

doit être passée dans le laitier, même si ce processus a eu lieu plus tard qu'au moment de la réduction.

Fig. 32. Plan transversal de la sole du fourneau. Explications



- 1) **Les tuyères** se trouvent dans les trous d'aération prévus pour cela, excepté les trois tuyères dans la porte du fourneau qui sont simplement placées dans le sable. Le système de trous d'aération dans lequel sont insérées les tuyères est une particularité technique de toute la construction de fourneau à Bandjéli. Même si ce type de construction- "module" est techniquement plus coûteux que des tuyères solidement intégrées, on voit cependant tout de suite qu'en cas d'utilisation répétée du tbuneau, il serait beaucoup plus simple de changer les tuyères qui sont souvent endommagées.
- 2) **La tuyère du milieu** qui se trouve dans la porte du fourneau est située un peu plus à l'intérieur et est inclinée vers le bas ; elle permet d'observer la formation du laitier pendant la combustion.
- 3) **Des débris de la paroi d'un vieux fourneau** constituent la couche la plus basse dans la sole du fourneau.
- 4) En-dessous se trouvent encore des **restes de laitier**, qui se sont écoulés lors de fontes antérieures dans d'autres fourneaux, et quelques graines de sésame et de courge qui ont également été utilisées lors de la construction du fourneau pour "nourrir" ce dernier. Ces objets n'ont probablement qu'une fonction rituelle.
- 5) **Les vieux fragments de mur** sont recouverts de deux couches d'enduit fait de sable de sanguine comme il en a été mis sur la paroi intérieure du fourneau. Chaque couche de sable de sanguine est soigneusement tassée.
- 6) **Le sable "blanc"** occupe le plus grand volume dans la sole. Ce matériau provient aussi de vieux fourneaux et se compose de quartz presque pur. Le sable blanc qui est tamisé plusieurs fois avant utilisation, se trouve entre les couches de sable de sanguine et également au-dessus où il est versé en vrac jusqu'à ce qu'il atteigne le bord inférieur de la pointe des tuyères et constitue ainsi un "lit" pour le laitier. Bernard (1951 : 233) parle lui aussi dans sa description détaillée de la technique de fonte des Bassar d'un "lit de sable" que formerait ce sable pour recueillir le laitier. À côté du rôle constructif décrit plus haut, ce sable a également la fonction d'un fondant (cf. plus haut).
- 7) On répand de l'enduit fait d'**argile et de décoction de plantes** aussi bien sur les parois internes du fourneau que sur la sole et dans les joints entre les vieux fragments de mur.
- 8) **Un mur de Sable "noir"** forme la fermeture de la porte du fourneau. Ce matériau, qu'on trouve à proximité des lits de ruisseau, est d'abord tamisé, puis mouillé et tassé dis que le mur est formé. Sa coloration gris-foncée est due à une haute teneur en substances riches en humus du sable quartzeux.

L'aspect le plus important pour la compréhension technique de la structure du fourneau est la zone allant de la sole jusqu'au niveau des tuyères. C'est ici que se produisent les températures les plus élevées et c'est dans cette zone du fourneau que s'assemblent le fer et le laitier contenus tous les deux dans la loupe.

En résumé, la construction de la sole du fourneau est un domaine très complexe de la technologie métallurgique dans son ensemble. J'ai rappelé dans la description ci-dessus tous les éléments du fourneau à coulage de Bandjéli avec leur fonction respective, dans la mesure où je pouvais les reconstituer.

La réduction

La réduction du minerai de fer s'accomplit dans les fourneaux africains à fer en principe suivant le même processus chimique que dans un fourneau à coulage européen du Moyen-Age ou même dans un haut fourneau industriel⁽¹⁾. Le but des réactions est toujours d'extraire l'oxygène du minerai qui représente une combinaison d'oxygène et de fer. Ceci n'est possible qu'au-dessus de certaines températures et dans une atmosphère rigoureusement réductrice, c'est-à-dire pauvre en oxygène. Donc, avant qu'une réduction du minerai ne se produise, il faut qu'un gaz, si possible pauvre en oxygène, soit produit à une température supérieure à 850°C environ.

Ce gaz se produit dans les fourneaux à coulage africains par la combustion du charbon de bois. Strictement parlant, on peut donc attribuer deux fonctions au charbon de bois : le chauffage des gaz jusqu'à la température souhaitée et la transformation de l'air normal en un gaz pauvre en oxygène. Il faut mentionner pour compléter la formule II (cf. la citation de Amborn ci-dessous) que la rigueur de l'atmosphère réductrice peut s'exprimer d'une façon relativement exacte en pourcentages de monoxyde de carbone et d'anhydride carbonique. Cet indice CO/CO_2 , qui en règle générale, ne peut jamais dépasser 90% dans des fourneaux à coulage, est une valeur de base importante pour la tangibilité de la combustion⁽²⁾. Osann parle d'essais avec des fourneaux à admission d'air, dans lesquels des

(1) Le haut fourneau se distingue du fourneau à coulage plus simple par trois signes caractéristiques :

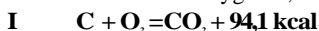
1. Il est possible de continuer d'alimenter le fourneau en combustible et en minerai et de récupérer le fer, sans interrompre la combustion ; 2. La production de fonte avec une teneur de 4-6% de carbone est suscitée à dessein ; 3. L'air qui l'alimente est préchauffé, pour obtenir une température de travail si possible élevée.

(2) Osann (1971 : 25) parle d'essais de combinaison de gaz avec les résultats suivants : "Avec le procédé de coulage il ne faut pas s'attendre à un indice de 90% environ [...]. Il faut chercher la cause [...] en premier lieu dans le fait que la réaction de la réduction ne s'est pas déroulée jusqu'au bout, donc que le gaz de combustion n'a jamais atteint l'indice 100%. En outre, la réduction indirecte d'oxydes de fer provoque la réduction de l'indice CO/CO_2 de 10% environ au maximum".

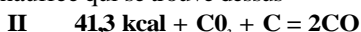
indices CO/CO₂ de 70 à 85% furent atteints. Le parcours suffisant que le gaz de combustion effectuée à travers le carbone (charbon de bois) et une température supérieure à 1000°C au point de combustion (c'est-à-dire juste derrière les tuyères) constituent des conditions importantes pour la création de telles atmosphères rigoureusement réductrices⁽¹⁾.

Il faut citer à présent Amborn (1976) qui décrit les réactions chimiques associées au bilan énergétique, exprimé en calories, depuis l'entrée de l'air dans le fourneau jusqu'à la réduction du minerai de fer :

"Tout près des tuyères, aussitôt après l'allumage, se produit -étant donné qu'il y a là un excédent d'oxygène-, la réaction suivante :



En présence du fer comme catalyseur [...], l'anhydride carbonique ainsi formé se transforme en monoxyde de carbone dans la couche de charbon de bois chauffée qui se trouve dessus



Dans la zone de réduction du fourneau l'oxyde de carbone commence déjà à 500°C environ à transformer chimiquement le minerai de fer ; cependant, pour produire un métal utilisable, il faut qu'une température de 700 à 900°C au moins soit atteinte, la vitesse de réaction étant maximale entre 900 et 1000°C. Les gaz provenant de l'oxyde de carbone réagissent à cette température avec l'oxyde de fer pour produire du fer spongieux finement étalé, en passant par plusieurs phases d'oxydation (Réduction indirecte) :



En ce qui concerne le processus qui vient d'être décrit, il s'agit donc d'une réduction indirecte qui, pour des raisons essentiellement thermotechniques, se déroule pour la fonte dans des fourneaux à coulage dans lesquels, en règle générale, l'air n'est pas insufflé sous une forte pression. La réduction indirecte a

(1) Osann (1971 :24) : "Du reste, il se produisit dans la zone du gueulard du fourneau de 1,75m de haut, de 0,3m de large en haut et de 0,5m à sa base, fourneau qui était activé par un courant d'air naturel [fourneau à admission d'air], des indices CO/CO₂ de 70 à 85% tandis qu'on mesurait dans le bas du fourneau des températures de 1000 à 1250°C."

(2) Amborn (1976 :16 s). Osann (1971 :19) donne une information importante et complémentaire : "La zone de température de la réduction indirecte varie entre 400 à 1000°C". Surtout dans des fourneaux à longue voie de réaction le gaz de réduction peut se refroidir un peu sur son chemin vers le minerai, de sorte que la réduction commence déjà dans la zone de basse température. Ceci est important pour une réduction si possible large, avant que ne commence une formation excessive de laitier.

besoin seulement de températures allant de 600 à 1000°C. La réduction directe, au cours de laquelle il ne se produit pas de phases intermédiaires (oxydure de fer = Fe_3O_4 , FeO) est possible à des températures plus élevées. Il existe des preuves que de telles températures se sont produites dans le fourneau de Bandjéli⁽¹⁾.

Un autre processus chimique qui a lieu au même moment dans le fourneau est la combustion de la fonte brute. Ce processus, au cours duquel des atomes de carbone qui sont dégagés par le charbon de bois, passent dans le réseau cristallin du fer, peut avoir lieu par des températures de plus de 900° C partout où les particules spongieuses de fer entrent en contact direct avec le carbone au cours de leur trajet vers la sole du fourneau⁽²⁾. Le degré de la combustion dépend de la durée du séjour de la fonte brute dans le fourneau et des températures atteintes, puisque ce processus s'accélère à mesure que les températures s'élèvent⁽³⁾.

On ne sait pas comment la teneur en carbone change à partir du moment où la fonte brute a atteint la sole du fourneau et plonge dans le bain de laitier fluide. Amborn suppose que le laitier retire une nouvelle quantité de carbone au fer ; mais à cela s'oppose le fait que dans le fourneau de Bandjéli le laitier et le fer ne sont pas du tout disposés en couches comme le suppose Amborn⁽⁴⁾. Si l'on part du principe que les fondeurs de Bandjéli essaient intentionnellement de fabriquer de l'acier, autant que possible fortement carburé, il apparaît logique que les particules visqueuses de fer soient retenues par le sable et par les débris de charbon de bois au-dessus du laitier. Le fait de faire couler le laitier qui, autrement, pourrait peut-être submerger la fonte brute et empêcher ainsi une nouvelle carburation, répond

(1) Il faut entendre par là les feuilles minces comme un fil et riches en ferrite qui se trouvent dans la zone supérieure de la loupe et qui sont considérées par différents auteurs comme preuve de la réduction directe. La température minimale pour la réduction directe s'élève, selon ces indications, à 1500°C (confère à ce sujet le paragraphe 3.3.4.)

(2) "Les gaz carbonés ont donc un effet non seulement réducteur, mais également comburant en raison de la distance par rapport à la tuyère qui, dans le cas présent, est importante et par conséquent, en raison de la forte teneur en monoxyde de carbone des gaz, en rapport avec des températures relativement basses" Osann (1971 .46).

(3) Fluzin (1983 : 27). Pour cette raison la température à l'intérieur du fourneau ne devrait pas dépasser 1500°C, sinon il pourrait se produire de la fonte avec une teneur en carbone beaucoup plus élevée, donc impossible à forger.

(4) Amborn (1976 : 18) : "En effet, le laitier a en même temps un effet décarburant, raison pour laquelle dans des fourneaux plus développés on "fait couler" de temps en temps le laitier ou on le laisse s'écouler goutte à goutte à travers un lit poreux aménagé sous la loupe" : Amborn donne à ce sujet une représentation schématique (Fig. 8) qui montre à la base d'une couche formée par le laitier, des particules de fer ordonnées suivant leur poids spécifique. Mais pour Bandjéli, c'est plutôt le deuxième cas qu'il faut retenir, à savoir que le sable et d'éventuels débris de charbon de bois retiennent les particules de fer en haut, tandis que le laitier s'infiltre dans le sable répandu en vrac dans la sole du fourneau.

au même but. (Pour la disposition du fer et du laitier dans la loupe, confère chapitre 3.4 et Fig. 35)

L'agglomération des particules de fer réduites du minerai est aussi importante que la réduction et la carburation. C'est seulement lorsqu'on réussit à les séparer à temps du laitier que des morceaux de fer suffisamment gros pour être ensuite travaillés dans la forge, peuvent se former. Cela explique aussi l'importance particulière de l'écoulement du laitier : si le laitier et le fer restent mélangés, la loupe ne peut pas être utilisée.⁽¹⁾

L'utilisation d'un "lit" de sable qui, certes, permet au laitier fluide de s'infiltrer, mais empêche la fonte brute de continuer à diminuer, semble être en usage en Afrique uniquement au Nord-Togo.⁽²⁾ Eu égard aux quantités importantes de laitier fluide qui se produisent grâce à la part d'acide silicique dans le minerai et dans le sable qui sert en même temps de fondant pour rabaisser la température de fusion (cf. plus haut), cette technique convient particulièrement aux besoins locaux. En plus du sable dont une certaine quantité est préalablement versée dans le fourneau avant le début de la fonte, les maîtres-fondeurs disposent de la possibilité supplémentaire de la "coulée de laitier" pour la régulation des laitiers.

Lors de la description des processus, on a supposé jusqu'ici simplement que les combinaisons de gaz et de températures exigées au préalable ont lieu de façon uniforme partout dans le fourneau. Naturellement ce n'est pas le cas : mis à part le fait que les conditions idéales de réduction ne se produisent que pendant quelques heures au cours de la période de fusion, la température et la concentration de monoxyde de carbone varient lors de leur répartition spatiale dans le fourneau.

Dans la zone de températures maximales⁽³⁾ qui se situe juste derrière l'extrémité des tuyères, tout l'oxygène qui arrive par exemple avec l'air frais n'est pas utilisé en règle générale de telle sorte qu'il ne peut pas y avoir de réduction dans ce secteur. Pour atteindre cette zone, une distance qui fait toujours 12 à 15 fois la taille moyenne d'un petit morceau de charbon de bois a été déterminée⁽⁴⁾.

(1) "L'une des conditions pour mener à bien le procédé de fusion par coulage est de procéder à la réduction jusqu'à la formation du métal fer ; mais, en outre, la séparation du métal fer du laitier doit être faite au moins à un certain degré". Osann (1971 : 135 ss).

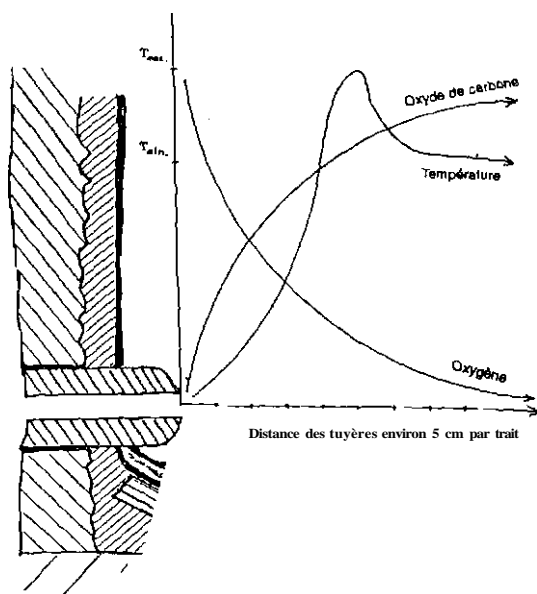
(2) Dans d'autres régions en effet, un "lit" semblable est constitué à partir de matériaux organiques (paille ou branchages). Les fourneaux africains plus petits ont en régie générale à leur base une fosse sans voie d'écoulement dont le but essentiel est de recueillir le laitier excédentaire. La fusion à coulage dite "catalane" se caractérise fondamentalement par une absence de coulée de laitier.

(3) Schuster (1965 : 31) suppose même des températures allant jusqu'à 1700°C pour cette zone.

(4) "Work by Mott has shown, that this necessary CO/CO₂ ratio of 4:1 (=80%) is not achieved in a fuel bed until the gas has travelled 12-15 fuel particle-diameters from the inlet". Wynne and Tylecote (1958 : 347). Confère également la note 85 p. 121.

En effet, cette zone oxydante à l'intérieur du fourneau ne s'est pas formée de façon homogène autour de l'extrémité des tuyères. Bien plus, elle est rallongée ou réduite sous l'influence du courant d'air⁽¹⁾,

Fig. 33 : Répartition spéciale de la température dans le fourneau dans la zone de la tuyère (schématiquement, d'après Childe et Schmidt 1985 : 125, modifiée, d'également Fig.34)



(1) Osann (1971 : Fig.7) démontre que -surtout dans la zone au bas de la tuyère- la zone d'oxydation n'est pas formée. Cela est important pour la loupe qui, dans le type de fourneau de Bandjéli, vient se déposer directement au bas de la tuyère. (Risque de decarburation)

A une distance de plus en plus grande de la tuyère, la température diminue encore une fois certes, mais le gaz en formation ne contient pas d'oxygène et se charge de monoxyde de carbone en effleurant au passage du charbon non encore consommé, le monoxyde de carbone qui est ensuite consommé de nouveau en partie lors de la réaction avec le minerai de fer.

Même si ce n'est pas possible de donner des valeurs exactes pour les températures et la répartition du gaz en fonction de la distance spatiale par rapport à l'extrémité de la tuyère (la Fig.33 montre approximativement l'échelle relative de ces valeurs), deux aspects techniques importants se dégagent cependant de cette considération :

1. La température maximale dans le fourneau doit toujours se situer autour d'un certain chiffre supérieur à la température de réaction exigée, puisqu'aucune réduction n'est possible dans le secteur immédiat de la température maximale.
2. La disposition des extrémités des tuyères dans le fourneau joue un rôle important dans la répartition de la température dans l'ensemble du fourneau : si les extrémités des tuyères se trouvent tout près de la paroi du fourneau, la zone centrale pourrait ne pas être suffisamment chauffée lorsque le diamètre intérieur est d'environ 1m. Si les extrémités des tuyères se situent trop loin par rapport au centre du fourneau, il pourrait en résulter par de très fortes températures une zone fermée qui ne permette pas de réduction dans la sole du fourneau.

Les lois qui ont été exposées ici sont en principe valables uniquement pour des fourneaux à coulage à "faible soufflante", donc pour ceux qui sont pourvus ou non de soufflantes manuelles⁽¹⁾. En résumé, je citerai encore une fois l'ingénieur B. Osann, dont le travail contient des réponses détaillées à toutes ces questions :

"Ainsi le procédé par coulage à feu direct peut s'interpréter comme suit : le métal fer décarburé est d'abord réduit à partir du minerai. Ce fer qui se présente généralement sous la forme de petits fragments minces, subit d'une manière relativement rapide la carburation sous l'effet des gaz carbures, fond tout au moins en partie, à la suite de l'abaissement du point de fusion qui s'y rattache, tombe goutte à

(1) Avec les fourneaux "à soufflerie puissante", dans lesquels l'air est envoyé de façon mécanique sous haute pression la zone d'oxydation est plus grande, on parle ici d'une "flamme primaire". Mais il s'en suit aussi des températures assez élevées de telle sorte que le fourneau produit de la fonte, ce qui n'est pas souhaité dans le contexte africain. Confère également Osann (1971 : 103)

goutte à des niveaux plus bas et s' y assemble en bloc de métal plus gros."⁽¹⁾

Le déroulement de la fonte

Comme l'ont déjà observé beaucoup d'auteurs, la fonte à Bandjéli a duré au total plus de 48 heures, ou bien estimé en jours, trois jours⁽²⁾. Cet espace de temps peut se subdiviser en plusieurs phases qui sont caractérisées chacune par des processus techniques particuliers se déroulant à l'intérieur du fourneau, et qui demandent des périodes diversement longues. Dans le diagramme combustible / température / temps représenté ci-dessous, on a tenté une représentation graphique des différentes phases qui doivent être expliquées dans ce qui suit⁽³⁾.

La période la plus longue est occupée par la phase de réchauffement. A partir du moment de l'allumage, elle dure 24 heures environ, pendant lesquelles la température monte peu à peu et qu'à peu près la moitié de la totalité du combustible est consommée. La longue durée du réchauffement est une caractéristique particulière aux fourneaux à admission d'air naturel : le gaz chaud qui, en raison de la température, a un poids spécifique inférieur à celui de l'air ambiant et par conséquent s'échappe vers le haut, ne commence à se former que lentement à l'intérieur du fourneau après l'allumage. Au moment où il fuit par la cheminée du fourneau, il se produit en même temps dans la zone inférieure de celui-ci une chute de pression qui provoque l'aspiration d'air frais par les tuyères. L'intensité de ce processus, désignée brièvement par "l'effet de cheminée", dépend, entre autres, de deux facteurs : de la température des gaz à l'intérieur (plus la différence de température par rapport à l'air ambiant est grande, plus l'effet est grand) et de l'effet de freinage du contenu de la cheminée : moins le mouvement de l'air à

(1) Osann 1971 :47. (Citation de : Straube, Tarnann et Plöckinger : "Essais de réduction de minerai dans des fourneaux à coulage de construction norroise", Klagenfurt 1964).

(2) Etant donné que -pour des raisons afférentes au déroulement du travail- le fourneau ne peut jamais être allumé avant midi, il faut toujours qu'il soit ouvert le troisième jour. Au nombre des aspects contraignants du déroulement du travail, je compte, entre autres, le fait que le minerai ne peut toujours être extrait et mis en menus morceaux que le jour de la fusion. Les tuyères aussi ne sont toujours formées que peu de temps avant la fusion et les bâtons placés à l'intérieur de ces tuyères ne peuvent être retirés qu'après le chargement et l'allumage. (Les traces de charbon de bois sur la pointe des bâtons indiquent alors que les tuyères ont été bien façonnées). Entre le façonnage des tuyères et le retrait des bâtons il ne doit pas se passer plus de 12 heures, sinon les tuyères deviendraient trop dures pour qu'on puisse en retirer les bâtons.

(3) Bien entendu les données concernant la température, le débit d'air et la réserve de combustible ne peuvent être indiquées qu'approximativement et pas de façon précise quantitativement, étant donné qu'au cours de la combustion -faute d'appareils appropriés- pratiquement aucune mesure ne pouvait être effectuée. Ce serait très intéressant de recommencer l'expérience avec un appareillage approprié, pour pouvoir vérifier les suppositions restées jusqu'à présent partiellement hypothétiques.

travers le contenu de la cheminée est ralenti, plus grand est l'effet de cheminée⁽¹⁾.

Juste au début de la fusion, lorsque le fourneau est encore complètement plein, cet effet de freinage est naturellement à son stade le plus élevé. Le charbon de bois utilisé était surtout en petits morceaux et a été de plus -du moins dans la zone inférieure du fourneau-, tassé au pied de telle sorte qu'il ne reste plus que des interstices relativement réduits pour l'air et que l'écoulement d'air à ce moment est freiné de manière particulièrement forte⁽²⁾. Le bois vert, dont je ne m'explique pas autrement la fonction, joue peut-être un rôle à ce propos : il est constitué de morceaux relativement gros, avec en conséquence de grands interstices qui permettent une libre circulation de l'air ou du gaz dans cette zone (cf ci-dessous).

Même si la longue durée de la phase de réchauffement peut être considérée comme un inconvénient, compte tenu de la grande consommation de combustible pendant cette phase, on doit cependant rappeler la nécessité d'économiser de la main-d'oeuvre qui a été expliquée dans le paragraphe 1.2. Seuls des fourneaux à admission d'air permettent de faire la fonte avec un minimum de main-d'oeuvre. Au cours de cette phase, personne en fait ne s'occupe du fourneau, sauf à partir du moment où une certaine quantité de laitier commence à se former. Là, environ 20 heures après l'allumage, les tuyères sont contrôlées et des laitiers qui se déposent sont dégagés au cours de rondes qui ont lieu toutes les heures.

La phase de travail, dont je redonne le début et la fin sur le plan temporel d'après des informations de maîtres-fondeurs, ne dure par rapport à la phase précédente que peu de temps, à savoir 6-8 heures. Le constructeur de fourneau, qui était occupé à contrôler la combustion, attira mon attention sur une crépitation amplifiée et sur une autre teinte de la braise visible à travers les tuyères. Ce sont là les seuls signes auxquels il reconnaît le début de la phase de travail. A ce

(1) Naturellement, la nature de la cheminée joue un rôle important pour l'effet de cheminée en général. Ainsi une certaine hauteur moyenne de la cheminée (environ 1,3 - 2m) est particulièrement importante pour atteindre une pression suffisamment basse. C'est pour ces raisons que la classification de Ambom (1976 :26) qui assimile "hauts fourneaux à chargement par couches" aux "fourneaux à admission d'air", se justifie du point de vue fonctionnel. Osann (1971 : 11) explique à ce sujet, en guise de complément, qu'à partir de la hauteur maximale indiquée, (la) résistance de frottement de la colonne d'air et (la) hauteur de cheminée s'équilibrent à tel point qu'une nouvelle augmentation de la hauteur de la cheminée ne peut être judicieuse que si une certaine zone n'est pas remplie de combustible. "Cela signifie qu'une élévation du fourneau accélère certes, la montée du gaz, mais augmente en même temps la perte de pression, donc ne provoque aucune augmentation de la vitesse du gaz dans la cheminée.

(2) Selon Ambom (1976 :29) ce problème technique particulier aux fourneaux à admission d'air est souvent contourné par l'utilisation à dessein de soufflet dans la phase de réchauffement, celle exclusive de l'arrivée naturelle de l'air seulement plus tard.

moment-là, il enleva aussi les trois tampons qui, jusque là, avaient fermé les tuyères.

Il faut partir du principe que la réduction et la combustion avaient commencé bien avant à l'intérieur du fourneau⁽¹⁾. Par rapport à ces processus, la formation du laitier est retardée, du point de vue du temps, par la particularité du minerai. Derrière ce retardement temporel se cache une raison importante qui explique pourquoi on arrive à fabriquer à Bandjéli de l'acier relativement riche en carbone : du laitier qui se formerait précocement envelopperait les particules de fer comme une couche de verre et empêcherait ainsi le monoxyde de carbone; qui est à l'origine de la combustion, de continuer à arriver⁽²⁾.

Vers la fin de cette phase au cours de laquelle aucun changement important n'était perceptible dans l'intensité de la combustion, le constructeur de fourneau fit couler le laitier. Immédiatement après, il déclara que la phase de travail était terminée et qu'il ne se formerait plus de fer. Ce n'est qu'après trois bonnes heures que je pus constater un changement dans la combustion. Il y eut tout à coup un petit jet de flamme bleu pâle au-dessus du bord du fourneau. Même si le moment exact où la réduction du minerai s'arrêtait ne pouvait pas être constaté, il est cependant vraisemblable qu'au plus tard à ce moment-là, une température suffisante régnait certes, encore dans le fourneau, mais qu'il ne s'agissait plus d'atmosphère fortement réductrice. Je suppose que pour un court instant le fourneau était encore très chaud, mais qu'en raison du fort effet de cheminée (cf. plus haut), plus d'air frais, d'oxygène donc, qu'il ne pouvait en être brûlé (oxydé) dans la zone située tout près des extrémités des tuyères, a été aspiré, étant donné que la réserve de combustible aussi commençait à s'épuiser⁽³⁾.

(1) Dans le chapitre précédent sur le processus de réduction, il a été déjà démontré que la réduction et la combustion peuvent commencer bien avant que la température maximale ne soit atteinte. Des températures comme celles qui ont probablement régné dans le fourneau de Bandjéli vers la fin de la "phase de travail" peuvent même empêcher ces processus : "La réduction indirecte prend fin lorsque le minerai commence à fondre parce que les pores du minerai sont fermés et deviennent inaccessibles pour le gaz réducteur ; par ailleurs, la surface extérieure des grains du minerai est vitrifiée et ces grains sont également moins attaquables.

(2) Osann (1971 : 73) parle de la fusion de minerais qui ont à peu de chose près les mêmes compositions que le minerai de Bandjéli. "En raison de la faible teneur du minerai en acide silicique, ni un ramollissement prématuré, ni une scorification précoce de la fonte brute en cours de réduction ne s'amorça ; la réduction pouvait donc aller loin et brûler aussi le fer qui s'y est formé, avec comme résultat [...] la formation de fer fortement carburé ; un échantillon contenait 1,2% C, trois échantillons avaient des teneurs en carbone de 2,3% [...].

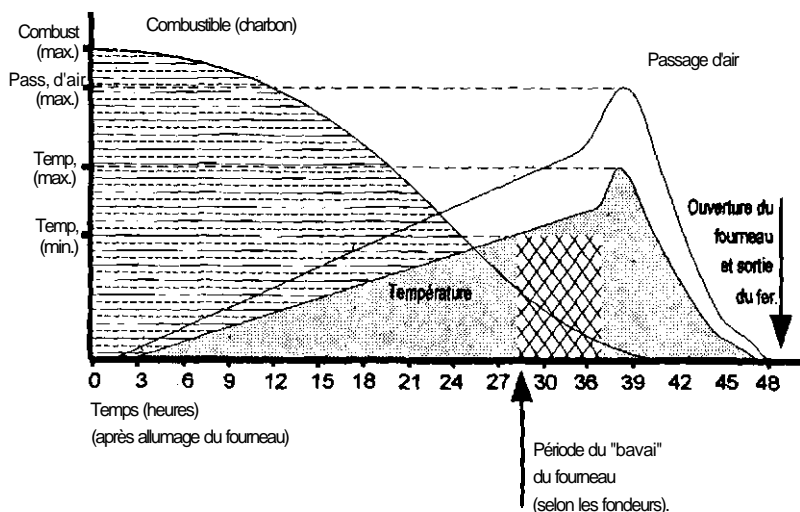
(3) La loupe contient bien sûr des débris de charbon de bois non encore consommés qui prouvent qu'au moins à proximité immédiate de la loupe avait lieu une combustion incomplète en raison du manque d'oxygène. Mais la répartition d'atmosphère contenant de l'oxygène et des gaz réducteurs n'a pas dû être régulière à l'intérieur du fourneau : la frontière entre zone oxydante et zone réductrice y est formée par les courants, (cf. plus haut).

Enfin suit la phase de refroidissement qui peut durer à son tour 12-18 heures. Déjà quelques heures après la fin de la phase de travail, plus aucun feu et plus aucune chaleur ardente ne sont perceptibles dans le fourneau et à la première lueur du jour, on s'aperçoit que le fourneau est vide jusqu'au niveau des tuyères. Cependant, on attend jusqu'à ce que le fourneau soit complètement refroidi, avant de l'ouvrir. Ensuite on essaie très prudemment d'extraire la loupe sans endommager les parois du fourneau.

Temps de la fusion à Bandjéli

Fig. 34 Diagramme combustible/Température-Temps

Verticalement sont portés Température, Combustible et débit d'air. **Horizontalement** est marqué l'écoulement du temps depuis l'allumage du fourneau. C'est seulement en un court instant, immédiatement avant la coulée du laitier, au point où les courbes se croisent que la réduction du minerai s'accomplit en maintenant une température minima.



La réserve de combustible est utilisée à plus de la moitié déjà avant que la température de travail nécessaire soit atteinte. La consommation de combustible peut être donnée avec précision en kg de charbon de bois par heure, en se référant à une certaine surface du plan transversal du fourneau (kg C/hm^2). Ce qui caractérise les fourneaux à admission d'air, c'est leur consommation horaire particulièrement basse⁽¹⁾. Cette quantité varie naturellement en fonction de

(1) "Conformément à leur nature, les fourneaux à coulée qui fonctionnent au courant d'air naturel font état de la plus faible consommation. Lors de l'essai de fonte de Gilles, il y eut $9,3 \text{ kg C/hm}^2$ " Osann (1971 : 95).

l'intensité de la combustion. Quand la température augmente, la consommation de combustible n'augmente pas de façon linéaire, mais exponentielle, à tel point qu'avec une réserve limitée, comme cela a été le cas à Bandjéli, la température maxima ne peut être maintenue que pour une période très brève.⁽¹⁾

Dès qu'on se situe en-dessous d'une certaine quantité minimale de combustible, il ne peut plus y avoir de réduction, étant donné qu'en raison de la forte chaleur qui règne dans le fourneau, de grandes quantités d'air sont aspirées et affluent vers le haut sans que l'oxygène qui y est contenu puisse être complètement brûlé.

Durant tout le processus de combustion, le combustible est un facteur de freinage du débit d'air⁽²⁾. Ce dernier dépend donc de la quantité de combustible et de la température à l'intérieur du fourneau qui, grâce à l'effet de cheminée, veille avant tout à l'arrivée massive d'air frais⁽³⁾. Surtout pendant la phase de réchauffement, le combustible agit comme un tampon qui empêche l'air de passer. Il en résulte, dans les 24 premières heures de la fonte, le ralentissement du réchauffement du fourneau.

Tant qu'il y a encore suffisamment de combustible, la température monte proportionnellement au débit d'air. C'est seulement quand une certaine température minimale (environ 850°C) est atteinte que la réduction peut avoir lieu. Dans le déroulement ultérieur de la combustion cette température est dépassée et continue à monter, alors que la combustion n'est pas encore à son terme, parce qu'il n'y a plus suffisamment de combustible pour réduire l'oxygène qui arrive avec l'air. Ce n'est pas le fait d'atteindre une température maximale (dans le cas de Bandjéli probablement 1300°C environ) qui est l'objectif de la fonte, mais au contraire le maintien d'un laps de temps aussi long que possible avec des températures au-dessus de la température minimale nécessaire, laps de temps au cours duquel règne

(1) Avery et al (1986 : 263) montre avec le Fig. 24.2 cette dépendance de façon plus claire que ne le peut le diagramme de déroulement reproduit ici (Fig. 34).

(2) Jusqu'à présent des mesurages exacts du débit d'air restent des desiderata dans l'étude d'anciennes techniques traditionnelles de fusion : "Une connaissance de la pression de l'air mieux fondée serait d'une grande valeur car la quantité d'air admise dans le fourneau dépend très fortement de la pression à laquelle l'air doit être conduit à l'intérieur du fourneau" Osann (1971 : 27).

(3) Quand la consommation de combustible augmente le débit d'air aussi augmente. Une constante dans le rapport Kg C/hm^3 (cf ci-dessus) et consommation d'air ou de gaz est valable pour tous les moments où l'on peut supposer une atmosphère de réduction dans le fourneau. Par kg de charbon de bois (C) 4,43 m³ d'air sont consommés ou bien autant de m³ de gaz sont produits. Si la consommation horaire de gaz dépasse une certaine limite, alors il se crée grâce à la vitesse plus grande du courant d'air sur un plan transversal constant des tuyères un périmètre d'oxydation manifestement plus élargi dans la zone d'entrée de l'air, ("flamme primaire"). Mais cet effet n'est pas souhaité dans le cas des fourneaux à coulage. (Osann 1971 : 100)

en même temps à l'intérieur du fourneau une atmosphère aussi forte et réductrice que possible. Outre la courbe du déroulement temporel de la température, il faut absolument qu'on tienne compte également de la répartition spatiale de la température pour ce qui se passe à l'intérieur du fourneau. Elle est représentée par la Fig. 33.

Sur l'axe des temps sont portés le temps relatif à partir du moment de l'allumage et le temps réel en décembre 1988. La moitié du temps total de fonte occupe la phase de réchauffement. Ensuite la température et le débit d'air varient dans des intervalles relativement courts. La réduction du minerai a lieu en un court espace de temps qui n'équivaut même pas au quart du temps total. Le début de la "phase de travail", comme l'ont nommé les maîtres-fondeurs de Bandjéli, est marqué par le moment où les tampons sont enlevés, et il se termine immédiatement après le moment où l'on fait couler le laitier, même si par la suite la température peut monter encore une fois pour un court laps de temps. Ce n'est que plus de 12 heures après l'apparition du jet de flamme que le fourneau est ouvert et la loupe dégagée.

Outils pour la fonte

Les moyens très limités dont disposent les maîtres-fondeurs de Bandjéli pour contrôler et manipuler tout le processus, constituent l'un des aspects les plus fascinants de la technologie de la fonte qui a été décrite ici. En fait, toutes les conditions doivent être déterminées déjà dans la construction du fourneau, étant donné qu'après la fin de la charge au plus tard, il y a peu de chance de pouvoir influencer encore le-déroulement de la combustion.

On ne peut à vrai dire nommer outil que la barre de fer de *l'ogbel* à l'aide de laquelle il contrôle les tuyères et dégage d'éventuelles obstructions provenant de laitier en train de se solidifier au deuxième jour de la fonte⁽¹⁾. C'est cette barre de fer qu'il utilise également pour creuser dans la porte du fourneau qui est faite uniquement de sable tassé, le canal pour l'écoulement du laitier. Les trois petits tampons d'argile avec lesquels on peut, le cas échéant, agir contre la progression irrégulière de la combustion aux tuyères pendant la phase de réchauffement, constituent d'autres outils.

Nous sommes ainsi au bout des possibilités d'exercer une influence sur le fourneau, mais cela montre aussi avec quelle précision -uniquement grâce à une expérience pratique accumulée sur de longues périodes-, les métallurgistes

(1) Deux de ces bâtons, qui ont été collectés au cours de la colonisation allemande dans le Nord-Togo, sont reproduits dans Celis (1991 : 209).

contrôlent le déroulement de la fonte à l'aide de mesures constructives.

3.2 Matière de base : le minerai de fer.

Le minerai de Bandjéli a déjà été évoqué dans une publication de Hupfeld en 1899. L'auteur décrit la silhouette impressionnante de la montagne métallifère, qui est également représentée par un dessin de profil, en ces termes :

"Actuellement trois gisements de minerai sont exploités : les montagnes métallifères (âbotan dyor = montagne de roches métallifères) de Banyeri, Kabou et Basari ; celle de Banyeri est de loin la plus importante. Elle s'élève au nord-ouest de cette localité de la plaine située à environ 220m au-dessus de la mer pour culminer à 460m environ et se compose presque entièrement d'hématite rouge qui, en allant vers l'Est se transforme rapidement en quartzite blanc. Le croquis suivant [...] montre l'immense étendue du minerai dont on peut observer la présence déjà de loin à la couleur rouge très foncé de la montagne, contrastant vivement avec le quartzite blanc."

Plus loin il donne la composition chimique suivante du minerai :

"98,43 pCt. Fe_2O_3 = 68,90 pCt. Fe

1,54 pCt. SiO_2

0,03 pCt. P_2O_5 = 0,017 pCt. P.

Nous avons ici par conséquent une hématite rouge d'une pureté probablement sans pareille au monde"⁽¹⁾.

Naturellement ce rapport presque enthousiaste éveilla également à l'époque l'intérêt particulier de l'autorité coloniale d'alors en Allemagne, qui envoya peu de temps après le géologue Dr Koert dans le Nord-Togo, afin qu'il entreprît de nouvelles recherches qui devraient finalement permettre de savoir si la montagne est exploitable. En principe, Koert parvint aux mêmes résultats que Hupfeld, mais il découvrit en plus du manganèse dans le minerai, un élément qui se rencontre souvent dans les minerais de fer et qui en alliage avec celui-ci, constitue un facteur important pour la dureté du matériel.

(1) Les deux citations sont de Hupfeld (1899 : 177 et suivants).

(2) C. Goucher (1985:41 et suivants) suivit dans son chapitre sur l'histoire régionale du traitement métallurgique les activités de l'*office colonial du Reich* d'alors. Il tomba alors sur des documents d'archives à propos d'un débat au Reichstag en 1905, au cours duquel la question de l'exploitabilité du minerai du Togo a été débattue. Pour le gouvernement colonial le faible volume du gisement selon les normes industrielles constitue à côté des frais élevés d'exploitation une raison décisive, pour ne pas en entreprendre l'exploitation.

"Les analyses ont donné sans exception une teneur en manganèse des minerais qui s'élevait à 1% environ [...]. Dans tous les 36 échantillons analysés, on n'a mis en évidence que des traces de soufre (tout au plus 0,01), alors que la teneur en phosphore varie entre 0,01 et 0,06%. Les minerais représentent en substance des agrégats d'oxyde de fer et d'acide silicique pauvre en phosphore. Leur teneur en eau [...] est faible"⁽¹⁾.

Le manganèse contenu dans le minerai pourrait expliquer la dureté particulière de la fonte brute que les autochtones ne cessent de souligner⁽²⁾. A des températures suffisamment élevées, le manganèse peut passer directement dans le fer et assure ainsi une dureté particulière, mais il peut aussi à des températures assez basses, agir comme une sorte de catalyseur qui aide l'oxydation du fer pour le transformer en acier⁽³⁾. L'absence de soufre est un aspect important pour la capacité du minerai à subir le traitement métallurgique, puisque le soufre peut empêcher le processus de réduction, si tout comme d'autres substances combinées, il n'est pas extrait auparavant par grillage⁽⁴⁾.

Malgré la haute teneur en fer de l'hématite rouge, cette matière est en général, en raison de sa structure compacte, plus difficile à fondre que l'hématite brute qui est de composition similaire⁽⁵⁾.

C'est peut-être dans cette propriété du minerai qu'il faut chercher aussi la raison pour laquelle à Bandjéli on tient tant à concasser minutieusement la

(1) Koert 1906: 122.

(2) Fluzin (1983 : 18) : "La valeur d'un minerai dépend évidemment de sa teneur en fer mais également de la nature et de la concentration des éléments auxquels il est associé (gangue) ; la présence de manganèse augmente sa valeur alors que une teneur en soufre supérieure à 1% est rédhibitoire."

Amborn (1976:16) met en doute un effet pratique du manganèse : "En effet, en raison des températures relativement basses qui régnent lors du soi-disant "procédé par coulage", il ne peut s'allier à l'acier que de faibles proportions de manganèse."

(3) L'action catalytique de l'oxyde manganeux (MnO) qui se liquéfie déjà à des températures avoisinant 1000°C est beaucoup plus importante pour les réactions à l'intérieur du fourneau à coulage que le passage direct du métal dans le fer. Schürmann (1958 : 1302) s'occupe de façon plus détaillée de l'influence du manganèse sur le processus de réduction et l'illustre même par un diagramme . Il la résume au même endroit en ces termes : "La réduction du manganèse est presque négligeable à 900° et certainement aussi à 1000 et 1100° [c] Cependant son influence sur la carburation du fer réduit est très forte [...]".

(4) Cline (1936 : 30 et suivants) ; Amborn (1976 : 9). Cette technique de traitement est nécessaire dans plusieurs autres lieux de fonte en Afrique de l'Ouest, comme chez les Yoruba par exemple Osellamy 1904).

(5) Osann (1971 :7) fait une description comparative des deux minerais en ces termes : "L'hématite brune (Fe, O, H₂O) se prêtait particulièrement bien au procédé par coulage. L'hématite rouge qui est la plupart du temps très compacte, était généralement grillée et rendue ainsi friable". Il faut noter à ce propos qu'à Bandjéli l'hématite rouge est cependant fondue sans être préalablement grillée.

matière⁽¹⁾. Mis à part le fait qu'un plus petit granulé du minerai facilite à coup sûr une réduction complète, Amborn suppose que des particules de minerai assez petites peuvent être non seulement réduites plus facilement, mais aussi mieux oxydées⁽²⁾.

En raison de sa teneur en quartz (SiO_2), le minerai de fer doit être considéré comme pauvre en acide silicique. Cette propriété rend, d'un côté, des fondants d'un autre sable quartzueux nécessaires, mais elle favorise aussi la grande réduction, comme cela a été décrit dans le chapitre précédent, étant donné que le développement des laitiers est ralenti⁽³⁾.

Koert observa une certaine variation de la teneur en fer dans le minerai. Particulièrement les zones qui renferment de l'acide silicique ou des roches cornées avaient une quantité plus faible de fer pur :

"La roche ferrugineuse du Djole (= la montagne ferrugineuse de Bandjéli) est un minerai d'hématite rouge compacte, auquel sont entremêlées tout simplement des surfaces de glissement comportant des morceaux et des particules jaunâtres voire rougeâtres de cailloux ferreux, qui sont assez souvent disposés en couches et révèlent par là, tout comme les couches de cailloux ferreux rouge foncé allant jusqu'au violet qui y sont intercalées, une trace de stratification. Outre des cailloux ferreux, on trouve aussi des inclusions de roches cornées. [...]. Il faut entendre par roche cornée les agrégats de quartz formés de cristaux fins et pauvres en fer"⁽⁴⁾.

Ces inclusions posent aux maîtres-fondeurs de Bandjéli le plus gros problème. C'est pourquoi les femmes qui sont les seules à s'occuper du minerai, cassent chaque bloc avant de le mettre dans le panier et le classe selon les taches claires, jaunâtres ou rougeâtres qu'il porte. Même si les femmes ne savent pas ce que sont ces inclusions parfaitement reconnaissables à leur couleur, elles sont cependant en mesure d'identifier ces "mauvaises" parties comme telles, et de les trier. Mes observations concordent également très bien avec le rapport de Koert

(1) Le fait qu'aucun minerai vif mais au contraire seulement du minerai secondairement entreposé est utilisé, apparaît ainsi également sous un jour nouveau : il est fort probable que ce minerai ait été exposé aux intempéries et soit ainsi beaucoup plus poreux que la matière vive.

(2) "Le degré de réduction et de combustion dépend de la taille des grains du minerai, c'est-à-dire que plus le minerai est broyé finement, mieux peuvent attaquer le carbone et l'oxyde de carbone". Amborn (1976: 27).

(3) Osann (1971 : 13) parle de minerais ayant une composition très similaire, qui étaient fondus autrefois en Bohême et connus sous la désignation *Bohnerze*. Ces minerais étaient généralement fondus pour obtenir des aciers riches en carbone.

(4) Koert 1906: 121.

au sujet des informations sur les lieux de prospection fréquentés par les maîtres-fondeurs à Bandjéli :

"Le bloc de minerai principal fournit aux autochtones aussi le minerai pour leurs hauts fourneaux. Ils extraient dans de nombreuses mines peu profondes [...] non pas le minerai dur, mais des morceaux détachés provenant d'éboulis et mis en menus morceaux au besoin à l'aide de pierres à concasser "⁽¹⁾.

Dans son rapport sommaire sur les gisements de fer au Togo, Kachinsky partit du principe que les autochtones, simplement pour des raisons stratégiques (à savoir : pour ne pas trop s'éloigner des montagnes protectrices), extrairaient leur minerai au pied de la montagne métallifère et pas d'autres gisements renfermant du minerai moins ferrugineux et plus éloignés des montagnes⁽²⁾.

A partir de ce qui a été dit plus haut, il est clair que les populations de Bandjéli savaient très bien quel minerai était de haute teneur et lequel ne l'était pas, et qu'ils avaient cherché leur minerai à proximité immédiate du gisement primaire pour cette raison. A ce propos, la relation besoin en minerai de fer et importance du gisement, devrait être prise globalement en considération. Pour la situation locale, il y avait toujours assez de minerai de fer, sans que l'on eût besoin de travailler la roche vive.

3.3 Le combustible : charbon de bois et bois.

Une caractéristique importante de la fonte à Bandjéli réside dans la forme et la quantité de combustible dont on remplit le fourneau avant son allumage, selon la méthode décrite au chapitre 2.1.2. La Fig. 12 représente de façon schématique la disposition par couches du chargement du fourneau. En raison de ce chargement par couches, le type de fourneau de Bandjéli peut être désigné aussi comme un fourneau à chargement par couches⁽³⁾.

(1) Koert 1906; 124

(2) Kachinsky 1933 : 180.

(3) La forme du fourneau dépend du déroulement du chargement et vice versa (Amborn 1976 : 25 et 28). La dénomination fourneau à chargement par couches a rapport plus précisément au morceau de loupe qui se forme sous la pression de la forme du chargement dans de tels fourneaux. Dans le contexte européen, cette dénomination est utilisée le plus souvent seulement pour de grands fourneaux dont les souffleries étaient actionnées par l'énergie hydraulique et qui étaient en usage au Moyen Age.

Le charbon de bois provient de la carbonisation du bois. Chimiquement, ce procédé consiste à enlever au bois son eau et autres substances⁽¹⁾. Il reste pratiquement du carbone pur, abstraction faite d'une faible teneur restante en eau. Cette "concentration" chimique a une action décisive sur la température et la composition des gaz lors de la combustion dans le fourneau de fusion. La température maximale possible (en théorie) lors de la combustion du bois *dans une atmosphère réductrice* se situe tout juste au-dessus de la température minimale exigée pour la réduction et la combustion, celle du charbon de bois se situe nettement au-dessus⁽²⁾. La valeur de combustibilité assez élevée du charbon de bois est donc une raison importante pour son utilisation lors de la fonte⁽³⁾.

Le charbon de bois utilisé pour le fourneau provient d'essences qui se distinguent par une dureté et une consistance particulières de leur bois. Il n'est bien sûr pas possible de conclure immédiatement, en raison des qualités du bois, à la qualité et surtout à la valeur de combustibilité du charbon de bois qui en est tiré⁽⁴⁾. Mais le charbon de bois d'une des essences qui ont été mentionnées au chapitre 2.1.2. est formellement caractérisé dans la littérature comme particulièrement approprié à l'usage dans la forge⁽⁵⁾.

La plus grande différence entre le charbon de bois spécialement fabriqué pour la fonte et celui qui est d'habitude en vente sur les marchés de la région se trouve dans la taille des morceaux : le bois qui est utilisé ici se désagrège (de lui-même) au cours de la carbonisation en formant des morceaux dont le diamètre

(1) Nikulka et al. (1991 : 365) citent comme autres sous-produits de cette réaction, qui intervient de façon optimale à des températures en dessous de 400°C, l'acide acétique, l'alcool de bois et le goudron végétal.

(2) Selon le tableau des pouvoirs calorifiques de Goucher (1985 : 120, Fig. 4.10) le bois a un pouvoir calorifique d'un quart inférieur à celui du charbon de bois. La température maximale possible, la température adiabatique provoquée par les flammes sous l'influence de la composition du gaz ambiant est décrite dans Avery et al. (1988 : 263, Fig. 24.1). Cependant il faut déduire de cette température les pertes de chaleur qui surviennent pratiquement toujours par émissions et à la suite de réactions endothermiques. Dans la zone de concentrations assez fortes de monoxyde de carbone ($CO/CO_2 > 4$) la température adiabatique provenant des flammes du bois se situe seulement à 50-100°C au-dessus de la température minimale exigée pour la réduction du minerai.

(3) Celis (1991:24) parle d'une fonte au cours de laquelle du bois sec a été utilisé. Selon lui, le bois très sec a le même pouvoir calorifique que le charbon de bois.

(4) Des études empiriques sur le pouvoir calorifique des essences tropicales font encore largement défaut. Doat (1975), qui détermina les pouvoirs calorifiques d'essences africaines constitue une exception importante. Les maîtres-fondeurs, à travers leur longue expérience, connaissent très bien la convenance des essences locales à la fonte. Ceci doit contredire aussi la supposition de Celis (1991 :23) selon laquelle le choix de certains bois pour la carbonisation n'a qu'une faible influence sur le succès de la fonte et que de tels critères ne sont pas à retenir sur le plan scientifique.

(5) Dalziel (1948 : 223) explique à propos du bois de *Prosopis africana* : "In western and eastern sudan charcoal made from the wood is specially valued by blacksmiths."

n'excède pas 2-4 cm⁽¹⁾, le charbon de bois qu'on trouve couramment dans le commerce (qui est également utilisé par les forgerons), est composé de morceaux de 5-15 cm de grosseur. La taille des morceaux de charbon de bois dépend non seulement de la matière brute utilisée, ou bien de l'essence, mais aussi de la forme de carbonisation⁽²⁾. La méthode décrite au chap. 2.1.2 n'est certes pas la plus effective selon des études toutes récentes, elle favorise cependant la formation de charbon de bois en petits morceaux.

La réduction du charbon de bois en très petits morceaux permet de charger de façon très serrée le combustible que l'on tasse même en plus avec les pieds. On atteint ainsi -par rapport au volume du fourneau- une meilleure performance thermique en comparaison du versement en vrac. En même temps la taille des morceaux joue un rôle important pour la disposition des gaz pendant le processus de combustion : le charbon de bois en petits morceaux occupe une surface assez grande dans la zone de combustion et brûle pour cette raison très vite, ou permet -par rapport à une zone réduite- une transformation plus rapide et plus complète de l'oxygène admis en monoxyde de carbone ou en anhydride carbonique⁽³⁾.

Mais le fourneau à Bandjéli est également chargé avec une couche de bois vert. La tentative d'explication de la fonction de ce bois humide dans le fourneau est problématique⁽⁴⁾. Selon Merve, il est possible que la cendre du bois agisse comme fondant et abaisse la température de fusion du laitier⁽⁵⁾. Un exemple similaire donné par Osann fait supposer que le bois, avec les tronçons de branches relativement grands, dans sa position située directement sous le minerai, assure une meilleure répartition des gaz réducteurs⁽⁶⁾. C. Goucher explique en détail le problème de la fragilité relativement grande du charbon de bois et suppose par

(1) Cela correspond à peu près à la taille idéale des morceaux de charbon que Tylecote (1965 : 347) a déterminée : "In a shaft furnace, [...] it would seem that 1 in [=2,5m] is a reasonable size".

(2) Contrairement à Nikulka et al. (1991 : 367), je conçois la technique employée à Bandjéli pour la carbonisation non pas comme un simple feu de mine, mais plutôt comme un procédé combiné qui contient également des éléments de la technique d'étouffement (p. 368). Par là l'argument qui veut qu'avec cette dernière technique seul du charbon de bois en petits morceaux se forme (p.388) revêt une nouvelle importance (cf. aussi les notes ci-dessus).

(3) Selon les explications de certains auteurs, un gaz fortement réducteur ne peut se former qu'en présence de morceaux suffisamment petits. Cf. à ce propos la citation de Wynne and Tylecote en note 3, page 43.

(4) Outre la valeur de combustibilité assez faible du bois, la vapeur d'eau qui se forme au cours de la combustion abaisse aussi les températures dans cette zone du fourneau. Avery et al. (1986 : 264).

(5) Merve (1980b : 488) cite une essence utilisée en Afrique du Sud, dont la cendre peut être considérée comme fondant en raison de sa haute teneur en alcali.

(6) Osann (1971 : 54) parle de cas comparables avec des fourneaux préhistoriques, dans lesquels on utilisait en partie du bois vert, qui ne se carbonisait que pendant la fonte. Ainsi, grâce à la meilleure répartition du courant d'air et au combustible supplémentaire, la production d'acier était favorisée dans ces fourneaux.

conséquent que le bois, au milieu de la fournée, fait en quelque sorte fonction d'élément stabilisateur pour l'organisation interne de la charge en couches du fourneau⁽¹⁾. Mais le fait que le feu est allumé directement dans cette zone et se répand ensuite d'abord vers le bas, à la rencontre du courant d'air, contredit les deux dernières hypothèses. Ainsi le bois se consume relativement tôt et ses qualités statiques et stabilisatrices arrivent à peine à produire leurs effets.

Par contre, si l'on examine encore une fois plus attentivement les produits de la combustion du bois, on est frappé par des effets favorables qui sont peut-être plus déterminants que l'abaissement de la température maximale possible. Lors de réchauffement du bois vert, il se dégage entre autres du méthane et d'autres hydrocarbures (C_nH_m). Ces gaz se réduisent de nouveau en anhydride carbonique et en eau, pendant que cette réaction de combustion produit un effet très fortement réducteur. A des températures à partir de 720°C, ils retirent au cours de ce processus l'oxygène au minerai qui se trouve à proximité immédiate⁽²⁾. Cette soi-disant réduction par l'hydrogène ne remplace pas la réduction par le monoxyde de carbone qui a été décrite plus haut, mais augmente vraisemblablement son effet. Cette explication convient très bien aux autres aspects suivants de la fonte : l'absence de wurtzite dans le laitier peut être considérée comme le signe d'une atmosphère très fortement réductrice (cf le chapitre suivant). En plus, une atmosphère fortement réductrice à des températures relativement basses est la condition optimale pour la réduction précoce et complète du minerai, bien avant que le laitier ne commence à se former (cf. plus haut).

Le rapport en volume entre le charbon de bois et le minerai dans le fourneau de fonte de Bandjéli est de 10 contre 1 ou davantage de charbon de bois. Etant donné que le minerai consomme de la chaleur lors de sa réduction, la réduction complète et la carbonisation qui en résulte (cf. ci-dessous) sont garanties au mieux quand la relation est encore plus grande. Plus on utilise de charbon de bois par rapport au minerai, plus on peut avec certitude maintenir une température suffisante pendant la combustion⁽³⁾. Surtout avec les fourneaux à admission d'air, qui sont caractérisés par une longue phase de réchauffement, une quantité relativement importante de charbon de bois est nécessaire. Le grand besoin en

(1) "It would seem that this wood performed a crucial structural role by supporting the alternate charges of charcoal and ore above." Coucher (1985 : 121) donne à ce propos d'autres exemples de fourneaux à chargement par couches très hauts, moyenâgeux en Europe, pour lesquels le poids de la charge du fourneau était devenu un facteur limitatif pour la hauteur de la cheminée.

(2) Je dois cette façon de voir les choses à l'instigation de Monsieur le Dr. J. H. Faust, Gießen.

(3) "Le maître-fondeur cherche à éviter à tout prix qu'un fourneau soit dès le début trop froid ; lors de la détermination de la quantité de combustible, il en met donc plutôt trop que trop peu.

[...] Le bon rapport charbon de bois / minerai [poids] pour la marche du fourneau à coulage n'est pas 1 : 1, mais beaucoup plus grand". Osann (1971 : 59).

charbon de bois à Bandjéli a été sans doute aussi l'un des facteurs qui ont limité l'extension des activités de fonte.⁽¹⁾

3.4 Le procédé de la fonte : les différentes sortes de laitier.

Les laitiers constituent un produit élémentaire de tous les procédés de fonte et offrent grâce à leur composition chimique et à leur structure minéralogique la possibilité de révéler les conditions physiques générales telles qu'elles ont dû régner dans le fourneau pendant la fonte. Les facteurs les plus importants qui peuvent être contrôlés au moyen d'un examen du laitier sont la température, la composition des gaz de réduction et d'éventuels fondants qui ont pu influencer le point de fusion du laitier⁽²⁾.

Le produit du procédé de fonte montre toujours une disposition relativement régulière dans laquelle des zones distinctes de la loupe peuvent être attribuées respectivement à chaque fois aux différents éléments (fer et laitiers entre autres). Quand dans le chapitre suivant il est question de divers laitiers qu'on peut trouver dans le fourneau à la fin de la fonte, il s'agit dans ce cas toujours de laitiers finaux. Cela veut dire qu'ils ne doivent pas être issus directement des mélanges contenus dans le minerai et que leur formation ne dépend ni de l'emplacement, ni du moment de la réduction du minerai à l'intérieur du fourneau⁽³⁾. Des laitiers qui proviennent des impuretés de l'hématite et qui sont libérés en même temps pendant la réduction, sont appelés laitiers primaires. Leur volume est nettement inférieur à celui du laitier final qui est formé dans une certaine proportion du sable qui se trouve dans la zone du fond du fourneau⁽⁴⁾.

Tous les laitiers se trouvant dans les différentes couches de la loupe ont respectivement des structures internes tout à fait spécifiques, même s'ils sont semblables du point de vue de leur composition chimique. Etant donné que le

(1) Cf. à ce propos le chapitre 1.2. et aussi le tableau chez Goucher (1985 : 118, Fig.4.9).

(2) Goucher (1985 : 145) consacre tout un chapitre à l'examen des laitiers mais il ne traite que des laitiers trouvés lors de fouilles archéologiques dont on ne peut pas suivre exactement la formation. Ces laitiers se composaient essentiellement de fayalite, leur point de fusion se situait entre 1200° et 1400°C, qui peut en même temps passer pour la température maximale de la fonte toute entière. L'examen des laitiers peut, à l'opposé du point de vue défendu par Celis (1991 : 22), très bien prouver l'existence et l'influence de fondants.

(3) Dans la première phase de la fonte, une formation excessive de laitier n'est pas souhaitée : il se dépose comme une masse visqueuse à la surface de chaque morceau et empêche ainsi la réduction de se poursuivre (cf. chapitre 3.1). Dans les phases suivantes de la fonte par contre, un bain abondant de laitier protège le fer qui s'est formé contre la décarburation et la réoxydation.

(4) "Le laitier primaire n'est pas encore le laitier final. On peut estimer que le laitier final, dont Gilles donne la composition, contient plus d'acide silicique et d'alumine qu'il n'en est apporté par la veine métallifère de cette catégorie". Osann (1971 : 36).

fourneau a dans l'ensemble une gangue stérile salée, il y est toujours question de mélanges d'oxydes de fer de différentes valeurs avec différentes combinaisons de silicium-oxygène (SiO_2 = silice, acide silicique). Selon les conditions de températures et la composition des gaz, différentes phases (= combinaisons) cristallines, qui vont être décrites dans le chapitre suivant respectivement pour chaque couche identifiable, se formaient au cours de la fonte à côté du verre⁽¹⁾.

Vu d'en haut, la forme de la loupe correspond aussi à la disposition dans le fourneau au moment de son remplissage avec les 12 calebasses contenant du minerai. La loupe a la forme de trois-quarts de cercle dont le plus grand diamètre correspond au diamètre intérieur du fourneau. La zone centrale est laissée libre et la bande en forme de croissant a partout une largeur de 20-30 cm environ (Fig. 2). Souvent la partie externe qui est en contact direct avec la paroi du fourneau contient encore des particules de tuyères, qui sont collées au laitier. Dans la mesure du possible, le laitier ne devrait pas se déposer dans la zone située derrière la porte du fourneau⁽²⁾.

Dans la coupe transversale, en allant du centre vers le bord à travers le croissant de la loupe, on peut observer à chaque endroit une structure semblable. Vers le centre, les couches sont plus minces, plus comprimées, vers l'extérieur la loupe atteint une hauteur allant jusqu'à 15 cm. De bas en haut, on peut observer en tout quatre couches bien distinctes (Fig. 35). La ligne de séparation entre les différentes couches n'est pas droite, mais irrégulière et forme parfois des recouvrements, à tel point que la couche située immédiatement au-dessus se retrouve par endroits sous la couche du dessous. Toutes les couches sont huileuses, donc entremêlées d'inclusions d'air ou de gaz. Voici les différentes couches et leurs composantes dans l'ordre, en allant du bas vers le haut :

1°) sous la vraie loupe se trouve une couche de sable de 3-4 cm d'épaisseur qui, telle une éponge, a absorbé le laitier visqueux et y adhère. Dans la

(1) Je dois toutes les informations sur la minéralogie et la composition des différentes loupes à Monsieur le Prof. Dr Hans Krumm de l'Institut pour la minéralogie et la pétrographie de l'Université de Francfort. Je voudrais lui exprimer ici ma gratitude pour son engagement et sa serviabilité. Prof. Krumm a utilisé des diffractogrammes à rayons x pour établir la composition des différents laitiers.

(2) Cette forme du laitier concerne également la technique utilisée pour sortir la loupe du fourneau sans le détériorer : Les maîtres-fondeurs essaient dans la mesure du possibles, de tourner la loupe à l'intérieur du fourneau et de la placer en biais jusqu'à en faire sortir un bout par la porte, sans endommager le fourneau lui-même. Puis on fait sortir le reste de la loupe à l'air libre en la tournant de nouveau. Mais parfois, comme dans le cas que j'ai observé, cela n'est pas possible, soit parce qu'on n'a pas répandu assez de sable dans le fond du fourneau et le laitier a alors adhéré au sol, soit parce que le laitier s'est étalé à tel point que l'on peut pas placer la loupe dans une position verticale. La loupe est alors cassée à l'intérieur du fourneau en petits morceaux ; qui peuvent être retirés l'un après l'autre. Cf. à ce sujet le chapitre 2.1.2.

coupe transversale de la matière, on peut distinguer nettement des points clairs provenant, du sable quartzeux blanc qui a été répandu en grande quantité dans le fond du fourneau avant la fonte⁽¹⁾. Cette zone se compose, par conséquent, essentiellement de quartz (SiO_2), auquel se sont ajoutées de petites quantités de fayalite (Fe_2SiO_4). On trouve également dans cette zone de la cristobalite, qui peut être interprétée comme la preuve de températures élevées de plus de 1100°C. Elle équivaut au quartz dans sa composition chimique. Correspondant à la faible teneur générale en fayalite, la teneur générale en fer aussi est relativement faible.

2°) A cette couche succède une autre composée de fayalite presque pure (Fe_2SiO_4) avec des traces de tridymite (SiO_2). La masse gris-sombre qui contient seulement de petites bulles d'air ou de gaz est constituée de gros cristaux de fayalite reconnaissables à l'oeil nu ; sa teneur générale en fer est relativement élevée par rapport à celle du minéral. Le poids spécifique du fayalite est, malgré sa haute teneur en fer, de loin inférieur à celui du fer contenu dans la couche qui le recouvre. Ce phénomène s'explique peut-être par la différence de point de fusion qu'atteignent les substances aux températures les plus élevées qui avaient régné dans le fourneau⁽²⁾. La fayalite dont était composé essentiellement aussi le laitier qui coulait du fourneau au second jour de la fonte, était à ce moment-là fluide comme de l'eau. Le fer au contraire était visqueux, "grumeleux", et il était possible qu'il demeurât attaché à des restes de charbon de bois ou aux extrémités intérieures des tuyères et ne pût pas glisser à travers la fayalite fluide.

3°) La couche dans laquelle se trouve le fer est en soi relativement hétérogène : le fer forme des morceaux massifs de 1-10 cm de diamètre avec des contours irréguliers et contenant en partie des bulles, en partie des inclusions de fayalite. Les intervalles entre les morceaux de fer sont par endroits vides, par endroits remplis de fayalite. Ce fait prouve, comme on s'y attend, que le fer n'existait pas à l'état liquide⁽³⁾.

(1) A propos de la répartition et de la structure de la couche de sable sur le fond du fourneau cf. le chapitre 3.1.

(2) Des phénomènes semblables ont été également observés lors de reconstructions de fourneaux préhistoriques : " At first it seems rather surprising, since the slag has a much lower specific gravity (3,72) than the metal but since the metal is not molten and is cemented by thin films of semi fluid slag, it is sufficiently rigid to resist the downward forces of gravity, and allows the slag to liquefy, just like Water from a sponge." Wynne and Tylecole (1958 :348).

(3) Osann (1971 : 33) montre que cette structure hétérogène due au manque de fusion est reconnaissable aussi bien sur le plan macroscopique (dans la forme des morceaux de fer) que sur le plan microscopique (dans la structure interne du fer).

Mais le fer, en se réduisant du minerai, a dû fondre déjà en blocs assez gros ("coaguler")⁽¹⁾, du moins en partie, avant de suinter jusqu'au fond du fourneau. C'est la seule façon d'expliquer comment des morceaux de fer relativement homogènes de ce diamètre ont pu se former. (Au sujet de la structure interne et de la composition du fer, voir le paragraphe suivant).

4°) Finalement le laitier d'en haut est tout à fait irrégulier, aussi bien du point de vue de la forme de son dépôt que de celui de sa structure interne : à certains endroits, il atteint une hauteur de 10 cm environ, à d'autres, il est pratiquement inexistant. Ces produits à la surface de la loupe ressemblent, quant à leur forme, peut-être à des coraux. La masse mousseuse contenant de nombreuses bulles grandes et petites se compose en partie encore de fayalit, mais en partie aussi de particules de charbon de bois non consommées et de fer pur. On peut reconnaître dans les intervalles qui les séparent des traces de verre⁽²⁾.

Les morceaux de charbon de bois sont en grande partie entourés de minces couches de fer pur de quelques millimètres d'épaisseur qui ressemblent à une mince feuille de tôle ondulée. Il s'agit en l'occurrence de paillettes de fer décarburées, contenant de la ferrite. Ces particules constituaient le premier fer que je pouvais identifier dans le laitier, mais aussi bien les maîtres de forge de Bandjéli que les forgerons de Tcharé déclarèrent avec grande conviction que cette matière n'était pas utilisable. Du point de vue de son poids, elle ne joue en effet qu'un rôle secondaire. C'est cette zone du laitier qui faisait un bruit de bouillonnement pendant la combustion à l'intérieur du fourneau ; ce bruit peut provenir aussi bien de restes d'eau (qui pouvaient très bien être contenus dans le charbon de bois) que de gaz s'échappant du charbon de bois (CO , CO_2) qui montent en traversant le laitier fluide.

Des "feuilles" semblables ont été également constatées au cours de différentes fontes suivies de façon expérimentale. Selon Osann, ce sont des produits de la réduction directe qui se déroule à hautes températures à proximité immédiate des tuyères, mais qui en fait n'est pas souhaitée dans les fourneaux à

(1) C'est ce terme que Osann (1971 : 37) utilise pour les particules de fer qui se soudent.

(2) "Certains laitiers contiennent des masses de verre, et il y en a d'autant plus que la teneur en acide silicique est élevée, car celle-ci a la propriété de fabriquer le verre." (Osann (1971 : 87). Mais "l'acide silicique" (=quartz) ne doit pas provenir du minerai, il a été très vraisemblablement libéré par le sable du fond du fourneau.

coulage⁽¹⁾. J'interprète l'apparition de ces particules de ferrite comme une preuve de la percée des lames vers la fin du processus de fonte. A ce moment-là, le débit d'air à l'intérieur du fourneau avait atteint son maximum à cause de la température qu'il a atteinte et de l'absence de charge qui freine. Par l'effet des températures maximales, il se crée à l'intérieur du fourneau une atmosphère partiellement réductrice. Mais à ce moment là, la fonte proprement dite s'était déjà achevée et le fer se trouvait à l'abri sur le fond du fourneau, en dessous du niveau des tuyères.

L'absence de wurtzite (FeO) dans tous les laitiers est frappante. On trouve assez régulièrement ce minerai dans tous les laitiers de fer préhistoriques des fourneaux à coulage d'Europe⁽²⁾. La composition du gaz réducteur pourrait être aussi responsable de l'absence du wustit⁽³⁾. En conséquence, le laitier de fayalite presque pur serait la preuve d'une atmosphère réductrice relativement rigoureuse, comme elle a déjà été supposée pour d'autres raisons dans le cas de la fonte à Bandjéli⁽⁴⁾.

Dans l'ensemble, le laitier contient encore une quantité relativement importante de fer. Le faible degré de rendement était un argument supplémentaire par lequel le gouvernement colonial essaya très tôt d'arrêter la fonte. Deux raisons soutiennent le manque d'intérêt des maîtres de forge de Bandjéli à améliorer le degré de rendement, ou bien à extraire des laitiers le fer résiduel :

(1) "Lors d'essais de fonte[...] Schuster [Schuster 1969] a observé des "feuilles", qui se forment à l'apparition du wüstit sur le charbon ardent" ; il les décrit comme étant "des produits argentés, malléables comme la feuille d'étain ; ils se composent de fer pur, ont une épaisseur de 0,1 à 0,2 mm, reproduisent tous les détails de la surface supérieure du charbon et entourent le morceau comme un bonnet en laissant la partie inférieure libre". Avec ces produits intéressants, il s'agit sans aucun doute de produits typiques de la réduction directe de fer provenant de laitier fluide riche en wurtzite. [...]. En ce qui concerne le "ferritic sheet-shaped sponge surrounding pièces of charcoal" trouvé par Pleiner lors de son expérience de fonte dans le fourneau de Zelechovice, [...] il s'agit sans aucun doute du même produit". Osann (1971 : 110).

(2) Morton et Mingrove (1969 : 1557-61). Le diagramme FeO-SiO₂ à la Fig.1 (p.1557) indique en effet que les laitiers de fayalite et de tridymite à des températures égales se forment plutôt dans un milieu excédentaire en Si O₂, contrairement à la wurtzite si courant dans les fourneaux européens et qui se trouve du côté du Fe O. Un minerai déjà largement réduit avant la formation du laitier et le long trajet que parcourt le fer avant de parvenir dans la zone du fond du fourneau pourraient être une autre explication de l'absence de wurtzite dans le laitier provenant du fourneau de Bandjéli.

(3) Schürmann (1958 : 1303) donne un diagramme des différents laitiers dans un milieu d'oxyde manganique tel qu'on a également pu le supposer pour les conditions dans le fourneau de Bandjéli. Il poursuit son explication en déclarant que la wurtzite est réduite dans ce milieu à partir de teneurs en monoxyde de carbone de plus de 70%, mais que la réduction de la fayalite ne commence qu'avec une teneur en monoxyde de carbone de plus de 86%, ce qui n'a certainement pas été dépassé dans le cas de Bandjéli.

(4) Cf. à ce propos le chapitre 3.1.

Premièrement, des formes de fer hautement carburées (fonte) avec une teneur en carbone allant jusqu'à 4% peuvent se former dès que la teneur en fer du laitier atteint 10% ou moins⁽¹⁾. Mais cela n'était en aucun cas souhaité puisque la fonte ne peut être travaillée qu'industriellement. Mais le laitier dans la sole du fourneau peut, le cas échéant, constituer un régulateur qui décarbure à nouveau le fer trop fortement carburé qui ne serait plus forgeable⁽²⁾.

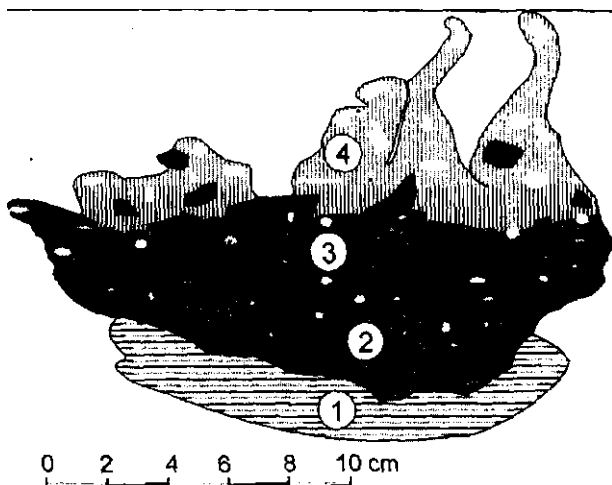
Deuxièmement, en posant la question du rendement dans le contexte local, il faut s'interroger aussi sur les sources de matières premières : le facteur limitatif des ressources n'était pas le minerai existant mais le charbon de bois. Pour les maîtres-fondeurs de Bandjéli, le minerai de fer était disponible, vu par rapport au besoin local, en quantité largement suffisante. Il est acceptable qu'un tiers du fer contenu dans le minerai reste dans le laitier, dans la mesure où il aurait fallu investir beaucoup plus de combustible pour obtenir un meilleur résultat.

(1) Il ne faut pas sous-estimer dans le cas des hauts fourneaux de plus de 2 m le risque que la fonte se produise par erreur. Le passage de fourneaux à coulée, dont le produit typique est le fer ou l'acier, aux hauts fourneaux qui produisent la fonte, était continu vers la fin du Moyen Âge en Europe : pendant qu'on augmentait sans cesse la hauteur des fourneaux, la fonte se formait probablement d'abord involontairement. On ne pouvait tirer profit de ses avantages, du haut degré de rendement et de la possibilité d'une activité permanente du fourneau que lorsqu'on inventa un procédé pour éliminer le carbone excédentaire ("Affinage").

(2) Je tire ici la conclusion inverse à partir de la constatation suivante de Osann (1971 : 60) : "Une carburation du fer avec une teneur en carbone d'environ 4% comme pour la fonte brute (= fonte) ne peut avoir lieu que si les oxydes de fer étaient en substance réduits en fer métallique, donc que si le minerai restant et le laitier qui en est formé ne contiennent pas encore 37 à 48% de Fe comme avec les laitiers de coulée [ce qui à peu de choses près est valable pour les conditions à Bandjéli] mais beaucoup moins, à savoir en-dessous de 10%".

Fig. 35 Coupe schématique d'un morceau de loupe

(schématique, en position naturelle, à droite se trouve la paroi du fourneau, à gauche la zone centrale du fourneau)



1. Tout à fait en bas, une mince bande de sable collé par le laitier qui s'y est infiltré, adhère à la loupe.
2. Sous le fer se trouve une couche relativement pure de laitier (fayalite).
3. Là-dessous se trouve concentré le fer en grains de 10-100 mm.
4. En haut se trouve une structure avec des inclusions de laitier et des couches de fer pur épaisses de quelques millimètres, mais c'est un fer qui n'est pas utilisable.

Fig. 36 Morceau de loupe entamé

(Le morceau a été coupé au moyen d'une scie à roches)



3.5 Le produit semi-fini : la fonte brute

(voir Annexe : Analyse métallographique de la fonte brute par I. Gräff)

Le fer brut contenu dans la loupe est composé de particules de dimensions variables, dont les diamètres sont compris entre 1 et 10 cm. Ces différents morceaux de fer sont de formes irrégulières, et comportent des inclusions de laitier de différentes tailles. L'acier produit à Bandjéli a une teneur en carbone relativement élevée. Ceci explique la dureté de la matière, dureté sur laquelle on a toujours insisté ; autrement dit, l'acier est dur parce que la haute teneur en carbone donne au fer une structure interne⁽¹⁾ particulière⁽²⁾.

Au microscope, les images (Fig. 37 et image 2 en annexe) montrent en partie une structure qui n'apparaît pas sous cette forme dans l'acier produit industriellement. Elle consiste en un réseau composé de cémentite clair entourant des zones de formes irrégulières, quadrangulaires ou polygonales, et de couleur plus sombre. Ces zones sont tachetées de plusieurs nuances gris foncé. Il s'agit là de perlite, qui se compose de ferrite et de cémentite⁽³⁾. Cet alliage de fer et de carbone contient une part relativement élevée de carbone. Cette description ne concerne qu'une partie du fer brut. A côté de cela, on peut constater d'autres zones qui se composent de ferrite pure⁽⁴⁾ (Fig. 1 en annexe). La plus grande partie est cependant constituée de perlite pure (Fig.4 en annexe). La juxtaposition de structures de fer avec des teneurs en carbone très variables est caractéristique des loupes provenant de fourneaux à coulage et produites sans fusion par ce procédé⁽⁵⁾.

(1) Il faut y ajouter aussi des inclusions de laitier qui, jusqu'à un certain degré, apparaissent au microscope dans tout fer produit dans des fourneaux à coulage.

(2) Le passage direct du manganèse au fer est invraisemblable (voir également à ce propos le chapitre (2) Mais même si les températures que l'on peut produire dans les fourneaux à coulage ne rendent guère possible ce passage direct du manganèse au fer, il faut reconnaître que cela joue un rôle important pour l'enrichissement de l'acier en carbone : «Ils [les fourneaux préhistoriques dans lesquels le fer était produit] ont tous en commun la production du minerai de fer manganésifère. Nous savons aujourd'hui que le manganèse favorise la carburation, donc la production de l'acier. Ce faisant, il est intéressant de constater que le manganèse produit cet effet, bien que seule une infime partie du manganèse lui-même est extraite des oxydes manganiques pour être transférée au fer.» Osann 1971 :43

(3) Ce sont différentes configurations minéralogiques du réseau cristallin de fer. La cémentite et la perlite ont chacune une teneur précise et caractéristique en carbone. Voir annexe, et aussi Fluzin (1983:25s).

(4) Il est de notoriété publique que des procédés similaires de fonte donnent une loupe composée de particules de fer dont la teneur en carbone est très inégalement répartie : "On trouve beaucoup plus fréquemment des objets en fer avec différentes parties juxtaposées ayant des teneurs en carbone très variables, comme déjà mentionné". Osann (1971 ; 45)

(5) Les produits métalliques provenant de nouvelles tentatives de fusion montrent des écarts considérables -surtout en teneur en carbone- dans la composition des parties de fer juxtaposées. Ce faisant, il est important de signaler que l'état pâteux du fer ne permet pas de réaliser un mélange équilibré" Osann (1971 :33).

Comme mentionné plus haut, seule une température suffisante permettant une liquéfaction complète des laitiers, amène les différentes particules de fer à se constituer en grains de dimension exploitable⁽¹⁾. Tout porte à croire que cette condition a été remplie dans la fonte du fer à Bandjéli.

La répartition inégale du carbone dans ce fer brut ne constitue pas une surprise si l'on considère que certaines parties sont plus proches des bouts des tuyères et sont de ce fait directement exposées au courant d'air, tandis que d'autres sont pour une grande partie entourées de sable et de laitiers, ce qui les isole des gaz de combustion. D'autres séances expérimentales de fonte ont permis de constater chaque fois que les zones se trouvant dans les environs immédiats de la bouche d'aération (bout des tuyères) ont des teneurs en carbone plus faibles⁽²⁾ et que les parties plus fortement carburées se trouvaient dans les zones les plus éloignées des tuyères. On se souvient que dans le cas de Bandjéli, la loupe est placée en dessous du niveau des tuyères, de sorte que la majeure partie du fer brut n'entre pas en contact avec l'air entrant dans le fourneau.⁽³⁾

Même si on ne saurait dire avec la plus grande certitude si le fer brut qu'on obtient a une forme régulière ou si le résultat de la fonte expérimentale constitue un cas exceptionnel qu'on ne peut comparer avec les résultats traditionnels, on trouve pourtant dans la littérature plusieurs micrographies étonnamment semblables d'acier à teneur relativement élevée en carbone⁽⁴⁾. Van der Merwe reproduit la microstructure d'un morceau de fer provenant du Nord-Ghana qui, jusque dans les

(1) A ce sujet, Wynne et Tylecote (1958 : 348) indiquent une température relativement basse qui naturellement varie en fonction la gangue (c'est-à-dire la composition du laitier) dans le fourneau. «The experiments carried out on the slagging properties of the ores used showed that there is a well defined temperature at which the reduced ore pieces are cemented together. For the Northants ore [minerai exploité en Suède à l'époque préhistorique] this temperature was 1050°C, while for Newfoundland ore the temperature was some 50°C higher.» (Cf. aussi chapitre 3.2.)

(2) "Une des loupes (...) révélait des teneurs en carbone allant de 0,03 à 1,1%, et dans ce cas les parties molles du fer sont celles tournées vers la tuyère du soufflet, les parties-métal lui faisant dos (...). En se rapprochant de la bouche d'aération, la teneur en dioxyde de carbone des gaz augmente, si bien que ceux-ci exercent un effet décarburant en présence des températures plus élevées qui régissent à cet endroit. Par conséquent certaines loupes présentent sur la face exposée à l'air, du ferrite et sur la face qui en est protégée, du fer d'une teneur allant jusqu'à | , 1 % " (Osann 1971 : 46-47)

(3) "En plaçant la sole du fourneau très bas [...], on a obtenu une loupe brute se trouvant dans le bain de laitier et ne descendant pas jusqu'au niveau de la zone des tuyères où elle serait à nouveau décarburée par le courant d'air et les gaz frais de combustion" Osann (1971 : 56)

(4) Par exemple les images V et X in : Stanley (1931 : Planche III et IV); par ailleurs in Osann (1971 : Fig.85 et p. 160); de même in Merwe (1980b: 494).

moindres détails, est identique à celle constatée pour le fer de Bandjéli⁽¹⁾. Il indique, en accord avec les données que j'ai obtenues pour les échantillons du Prof. H. Brand prélevés à Bandjéli, une teneur moyenne en carbone de 1%.

De par sa définition, l'acier se distingue du fer doux par une teneur en carbone supérieure à 0,02% et de la fonte par une teneur inférieure à 2,06% (voir annexe). A mesure que l'on augmente la teneur en carbone, l'acier gagne en dureté, mais également en cassant. C'est pour cela qu'on peut parfois tordre le fer doux simplement avec les mains nues, alors que la fonte, elle, ne se déforme pas et se brise quand elle tombe sur le sol⁽²⁾.

On distingue l'acier faiblement carburé ayant une teneur en carbone inférieure à 1%, encore appelé acier technique, et l'acier ayant une teneur plus élevée en carbone qui, en raison de son cassant, ne se prête pas à une exploitation industrielle⁽³⁾. Dans la production européenne de l'acier, la teneur en carbone du fer est d'une manière générale faible aujourd'hui, puisqu'on a recours à d'autres composantes qui donnent une plus grande dureté au fer (par exemple du manganèse)⁽⁴⁾. Ainsi donc, même si l'acier produit à Bandjéli n'était pas utilisable selon les normes européennes, il représente cependant pour les besoins locaux un produit hautement approprié qui est tout aussi bien adapté aux possibilités techniques des forgerons locaux qu'aux besoins des consommateurs. Ces qualités (forgeabilité, dureté, durabilité des outils fabriqués à partir de ce fer) font qu'il apparaît aux yeux des forgerons et aussi des utilisateurs, c'est-à-dire des paysans

(1) Merwe (1980a : 332) donne de la microstructure une description précise : "A nodule which was not thoroughly attached to the main body of the specimen was broken off and proved to have a most unusual structure. (Figs 13.5 and 13.6). It varies from a partly oxidized cast iron containing free graphite flakes (carbon content about 3.5%) on one side to a Widmannstätten structure of ferrite and pearlite on the other. Zones of pearlite and of carbide needles in a pearlite matrix can be observed between the two extremes. This sample appears to be an oxidized cast iron, it could also have resulted from a reaction between cast iron and a piece of ore. The average carbon content is that of a high carbon steel, above 1 percent."

Une structure de Wittmannstätten apparaît dans l'alliage fer-carbone lorsqu'au moment du refroidissement des cristaux d'austénite se forment. Voir à ce propos Horstmann 1985 : 14 et Fig. 36-40.

(2) Amborn 1976: 15.

(3) Si on se conforme à cette définition, l'acier de Bandjéli ne serait guère utilisable à des fins industrielles. "Steels above 0.8% carbon are seldom used as they are too hard to work easily with machine tools." Merwe (1980a : 331). Il est vrai qu'on n'a jamais exigé du fer produit à Bandjéli d'être adapté à une utilisation machinelle. Il est évident que lors du réchauffement dans la cheminée de la forge une partie du carbone se perd, et on obtient ainsi de l'acier que l'on peut modeler avec de simples marteaux.

(4) Quelques-unes de ces composantes (comme par exemple du chrome) ont pour effet qu'aucun soudage n'est plus possible avec les techniques africaines de soudure. La conséquence en est que les forgerons qui travaillent avec de telles ferrailles n'utilisent plus aucune technique de soudure.

qui se servent des houes fabriquées à partir de cette matière première, comme un produit supérieur au fer européen, même si ces différents matériaux ne sont que très partiellement comparables⁽¹⁾. D'une manière générale on peut admettre que l'acier en présence duquel on se trouve ici et qui est hautement carburé, était produit tout à fait intentionnellement dans les fourneaux à coulage de Bandjéli et n'était pas le fruit heureux, d'une fonte réalisée à titre expérimental après reconstruction du fourneau.

La micrographie d'un morceau de fer forgé (Fig. 38) doit documenter les changements que fait intervenir le forgeage dans la structure du fer : en principe la structure du fer faite de zones granulées claires (ferrite) et de surfaces plus sombres (perlite) est demeurée intacte. Toutefois la taille des grains s'est amenuisée nettement lors du traitement du fer, et les "aiguilles" présentent des lignes latérales suivant un tracé diagonal qui peuvent être provoquées par le surchauffage ou bien par un refroidissement trop brusque lors du processus de forgeage. Plus on s'oriente vers la surface de l'ouvrage, plus on constate une forte décarburation due à la température de la cheminée et au contact avec l'oxygène.

Et même sur ce point, on est en droit de se demander si la décarburation constitue la règle générale, ou si elle provient d'une manipulation maladroite du forgeron qui, vraisemblablement, a surchauffé l'ouvrage. Le forgeron me soutint lui-même que cet acier était plus difficile à travailler que la ferraille que l'on utilise habituellement et qui provient d'Europe. Pour un forgeron, c'est une réaction normale que de chauffer la pièce à usiner plus longtemps et plus souvent lorsque le risque de la voir se briser sous les coups de marteau existe. Ce qui importe, c'est qu'une part assez importante de carbone subsiste dans le matériau.

(1) A propos de la valeur de l'acier local par rapport au métal importé, voir également Chapitre 1.2. Les raisons pour lesquelles le fer produit localement a la préférence (du client) sont explicitées de la même manière par d'autres auteurs. A titre d'exemple, voici ce que dit Krieger (1963 : 326) pour les Haoussa : "C'est à cause de cela que les outils principalement aratoires et les armes fabriqués à partir du *tama*, avaient une plus longue durée de vie et de ce fait, coûtaient plus chers. Il y a 14 ans, un morceau de fer brut apprêté (*kunkuru*) coûtait 2s 6d, une houe (*kalme*) faite avec du *lama* 5s et une houe à base de fer européen (*sakwati*, traverse de chemin de fer, ou *gwangiri*, rail de chemin de fer), 4s. La durée de vie d'une houe en fer local est de 3 à 4 ans, alors que celles fabriquées à partir d'un matériel importé deviennent souvent à peine utilisables après un an."

Fig. 37 Micrographie du fer brut

(en haut, agrandie 50 fois, en bas, agrandie 100 fois)

Les zones noires sont des inclusions de laitier ou des bulles d'air. Il s'agit là d'un réseau constitué de cémentite qui entoure les grains de matrice en perlite, comme on peut le reconnaître sur l'image N°2 de l'Annexe. Prise de vue: H. Brand, F.H. Gießen

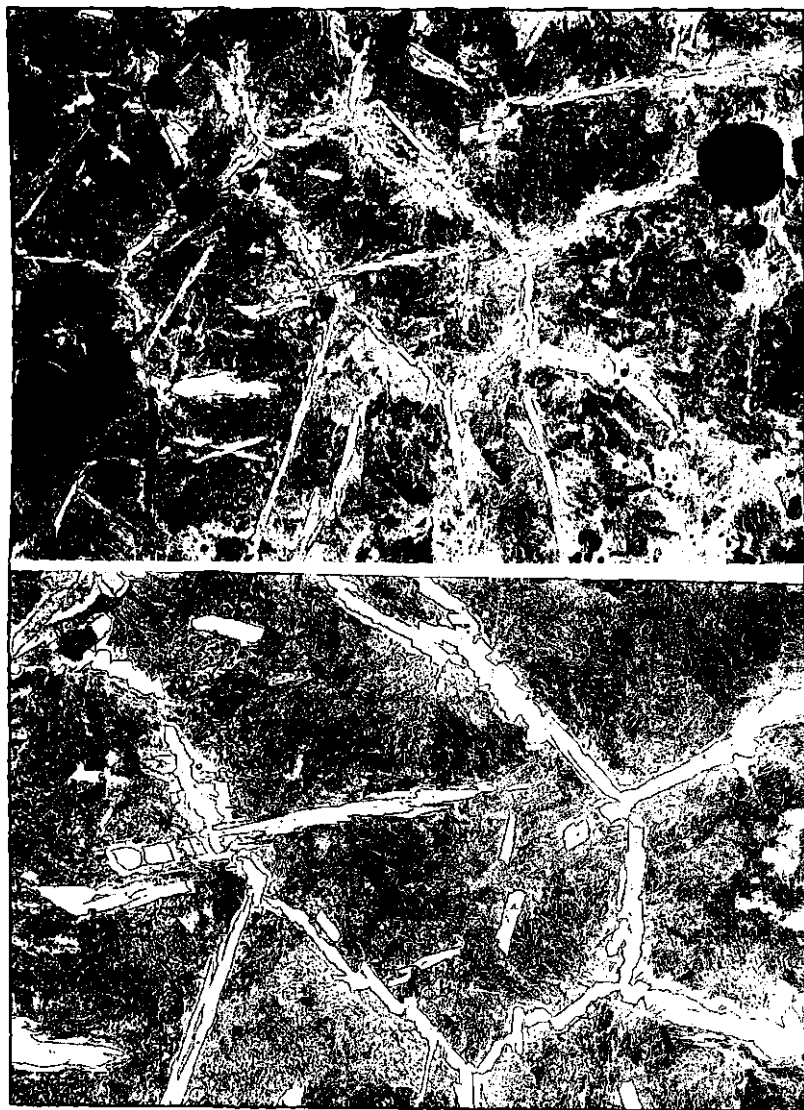
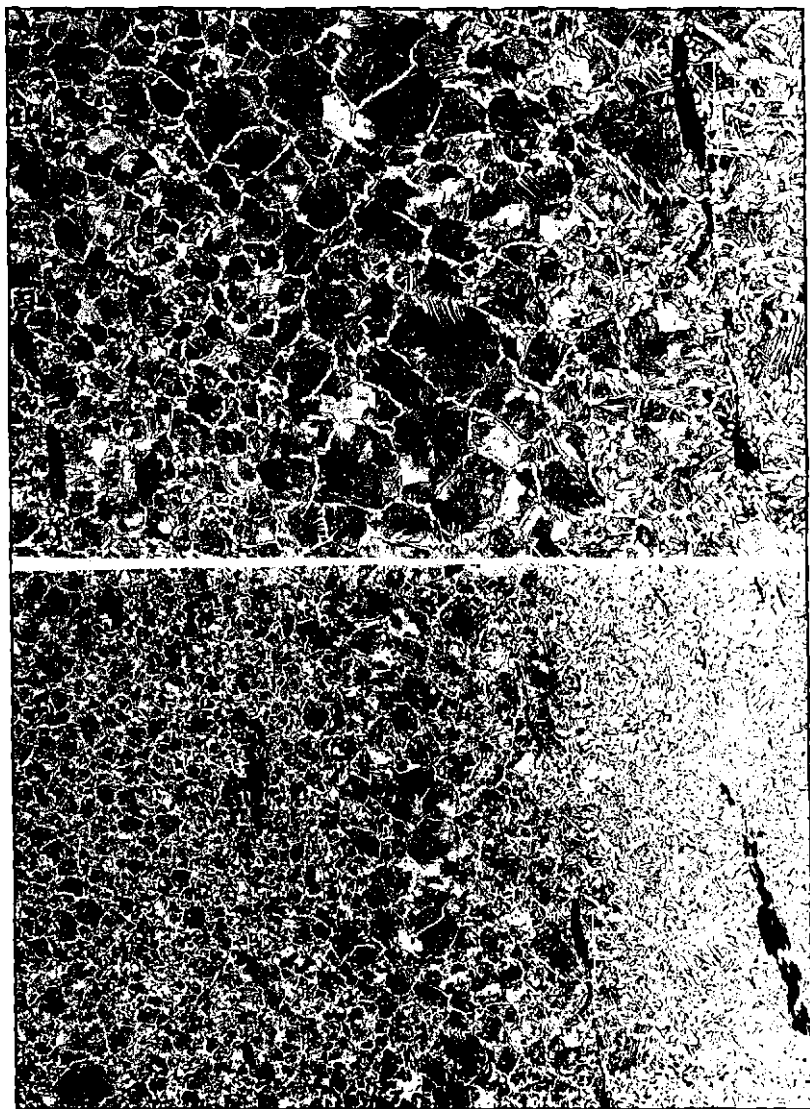


Fig. 38: Micrographie du fer forgé

(en haut, agrandie 30 fois, en bas, agrandie 100 fois)

Les zones noires sont des inclusions de laitier ou des bulles d'air. La taille des grains est, comparée à celle du fer brut, beaucoup plus petite. Dans les régions périphériques plus précisément, il s'est produit une certaine décarburation, ce qui est reconnaissable à la couleur plus claire des grains de ferrite. La structure que l'on observe ressemble en partie à celle de "Wittmannstätte". Photo :

H. Brand, F. H. Gießen



3.6 Les forges : l'atelier du forgeron et les techniques du travail du fer

L'atelier du forgeron et ses outils

J'ai décrit au chapitre 2.2. (Fig. 21 & 22) les plans de base des différentes forges dans lesquelles j'ai pu observer les techniques de la forge. En principe toutes les forges de la région connaissent une même disposition des éléments d'équipement et d'outils; ce n'est que dans la taille et dans la forme que ces différents objets varient légèrement⁽¹⁾.

D'une manière générale, les forges sont implantées dans une case construite spécialement à cet effet, ou dans le vestibule d'une concession familiale. Ces cases sont toujours rondes, couvertes d'un toit de paille conique et pointu, et ont un diamètre variant entre 3 et 6 mètres. Les forgerons ne travaillent généralement pas à l'air libre.

La cheminée constitue le point central de toute forge ; elle a un diamètre de 0,8 à 1,2 m, et est entourée d'une murette en terre. Cette murette qui en partie n'arrive qu'à la hauteur du genou, mais qui dans d'autres cas peut atteindre 1,5m, offre en même temps pour l'apprenti du forgeron une certaine protection contre les effets de la chaleur ; ce dernier est installé derrière la murette et actionne le soufflet. Selon la taille de l'atelier, l'espace libre compris entre la murette et le mur extérieur varie de 0,6 à 1,5m.

Passant sous le déflecteur, l'air provenant du soufflet est acheminé à travers une tuyère en terre non cuite vers le feu. Cette tuyère dont la longueur peut atteindre jusqu'à 0,8 m, possède une ouverture par laquelle l'air est aspiré, un élargissement en forme d'entonnoir auquel les extrémités en bois des petites tuyères du soufflet qui sont beaucoup plus fines, aboutissent. Le soufflet constitue un des outils les plus complexes du forgeron. La forme la plus répandue au Nord-Togo n'est pas connue ailleurs en Afrique subsaharienne⁽²⁾.

(1) On trouve des plans de forge semblables pour les Kabyè (Cridel 1967 : 64) et pour les Nawdba (Tunis 1991: 397). Les forges traditionnelles bassar sont aussi d'une facture comparable (Dugast 1986 : 33ss). Plus loin, on doit ajouter à celles-ci les forges des Akpafu vivant dans la partie méridionale du Togo. La forge décrite et attribuée par Rattray (1916 : 434) aux Akpafu ressemble en plusieurs points à celles dont il est question ici.

(2) C'est pour cette raison que déjà dans les anciennes sources, son origine a fait l'objet de spéculations. L'hypothèse de Luschan (1909 : 37) qui voit dans ces soufflets une forme "abâtardie" de soufflets européens et africains, doit être réfutée. Cette forme de soufflets est répandue chez plusieurs ethnies du Nord-Togo ; elle connaît souvent aussi de légères modifications locales, si bien qu'on doit admettre qu'elle a déjà derrière elle une période de développement assez longue sur le plan local. Ce qui [par contre] n'est pas clair, c'est les raisons pour lesquelles il n'a pas été adopté sur le littoral où les Européens étaient déjà présents depuis plus longtemps.

Ce soufflet (Fig.23) se compose d'un support en bois⁽¹⁾ qui, sur une surface de base de 60 cm x 50 cm² (sic!), atteint une hauteur d'environ 50 cm, et qui, dans sa partie supérieure, se transforme en deux cylindres circulaires et creux ayant un diamètre intérieur de 20 cm. Des alésages partent de la base de ces cylindres, diagonalement, vers la partie avant du support. De courtes baguettes de bambou creuses plantées dans les ouvertures servent de tuyaux d'approvisionnement. On passe par-dessus le cylindre des peaux de chèvre que l'on attache fermement de l'extérieur sur le bois. De l'intérieur, -et c'est ce qui constitue la particularité de ces souffleries-, on tend ces peaux à l'aide de trois ou quatre anneaux rigides faits de bottes d'herbes enveloppées. Cette manière particulière de construire le soufflet lui donne une certaine ressemblance avec un accordéon et augmente par la même occasion le volume des cylindres à air.

Ces soufflets se terminent dans leur partie supérieure par de courts piliers en bois qui, à leur base, s'évasent en forme de cônes. La partie évasée se trouve dans les peaux de chèvre et la poignée constitue la partie saillante⁽²⁾. L'apprenti, assis derrière le soufflet, saisit alors les deux poignées, les soulève et les abaisse alternativement, sur un rythme rapide. Tout le soufflet fonctionne sans soupape, étant donné que le tourbillonnement de l'air dans la partie avant des tuyères en bambou produit un courant d'air continu dans les tuyères proprement dites qui sont en terre ; celles-ci débouchent sur le feu en passant sous le mur.

La construction sans soupape est plus performante dans son rendement que les autres soufflets africains comportant des soupapes (par exemple le soufflet à chambre à air), et ce grâce à la très haute fréquence du rythme de travail qu'elle implique⁽³⁾ (Fig.39). Le traitement de la fonte brute surtout exige ce haut rendement de travail, puisque ce faisant, on doit atteindre après un certain temps des températures relativement élevées dans la cheminée. Comme mentionné plus haut ce soufflet est répandu chez plusieurs groupes ethniques de la région. On peut

(1) Une pièce conservée au Musée ethnographique de Berlin (N° d'inventaire DJ C 6157) a été faite en bois de *Ceiba pentandra*. Dugast (1986 :35) mentionne deux autres espèces de bois (seulement par des appellations locales) que les Bassar considèrent comme tout à fait bien adaptées à la fabrication des supports.

(2) Klose (1904 : 71) et Dugast (1986 : 34) donnent également une description exacte de ces soufflets. De plus, Martinelli (1982 : 62) fait une estimation du volume de chaque chambre à air : il doit s'élever à environ 800 cm³. Martinelli (p.63) voit un rapport étroit entre les soufflets en écorce d'arbre tels qu'on les rencontre fréquemment en Afrique centrale, et le modèle du Nord-Togo. Même si cette relation au matériau utilisé pour la base est pertinente, il reste cependant que la technique consistant à agrandir les chambres à air à l'aide d'anneaux en herbes demeure sans pareille.

(3) Amborn (1976 :375) a démontré cette relation. Il indique également qu'il est nécessaire qu'une ouverture intermédiaire soit pratiquée entre la sortie d'air du soufflet et la tuyère qui conduit à la cheminée.

citer à cet égard les Tem⁽¹⁾, les Bassar⁽²⁾, les Nawdéba, les Lamba⁽³⁾, les Kabyè, plus loin dans le sud-Togo les Akpafu⁽⁴⁾ et peut-être aussi les Tamberma⁽⁵⁾ (voir Carte N°6). Ce soufflet n'est plus usité aujourd'hui - sauf chez les Kabyè -, étant donné que les travaux qui nécessitent un rendement accru du soufflet (en particulier en ce qui concerne le traitement de la fonte brute) n'existe plus⁽⁶⁾.

Devant la cheminée, à l'endroit où le mur de protection est ouvert, on trouve une ou plusieurs enclumes auxquelles le forgeron, assis à gauche sur une pierre plate, a accès facilement. Chaque enclume consiste en une pierre de quartz plus ou moins grosse, plantée dans le sol de la forge⁽⁷⁾. En dehors d'une surface plane qui s'élève d'environ 15 cm au-dessus du sol et sur laquelle sont exécutés les travaux de la forge, il est important de savoir qu'au moins une partie de l'enclume forme un angle droit avec la partie supérieure. C'est sur ce côté qu'on effectue des travaux comme des cannelures. En-plus de la grande "enclume principale", dont le diamètre dépasse généralement 50 cm, le forgeron dispose, dans la plupart des cas, encore d'une ou de deux autres enclumes, qui sont beaucoup plus petites, et dont la surface présente une forme particulière lui permettant d'exécuter des travaux précis sur des pièces particulières. C'est ainsi qu'il existe par exemple souvent une petite enclume ayant une rainure de 2 à 3 cm de diamètre seulement et une profondeur équivalente sur la face supérieure et dont on se sert pour fabriquer les demi-coquilles des castagnettes.

Comme déjà mentionné, le siège du forgeron se trouve à gauche des enclumes. De la place où il est assis, il peut non seulement observer l'apprenti installé devant le soufflet et lui donner des instructions, mais également déposer aussi bien dans la cheminée se trouvant à sa gauche que sur l'enclume en face de lui, des objets à l'aide d'une pince qu'il tient à la main. Le forgeron conserve à droite, à côté de son siège, les marteaux, qu'il utilise lui-même. Il ne s'agit là que

(1) On ne peut tirer les preuves que des documents : Frobenius (1924 : 24). Des indications plus précises sur la forge traditionnelle chez les Tem font défaut.

(2) Mentionné pour la première fois dans Hupfeld (1899 : 189). On a toujours identifié ce soufflet dans la documentation comme un élément de la technique de forge particulière des Bassar, puisqu'on ne connaît pas d'autres zones d'extension de ce soufflet. Voir aussi Hahn (1991 : 156 et 222).

(3) Chez les deux groupes, on peut rencontrer encore de nos jours dans les villages de forgerons (Lamba : Anima, Défalè ; Nawdéba : Baaga) quelques exemplaires de ces soufflets ; il est vrai qu'on ne les utilise plus que rarement.

(4) Rattray (1916 : 434, Tableaux 22 et 23/1, Fig.2).

(5) Maurice (1958:69, Fig.2) a fait le croquis de ce soufflet chez les Tamberma. J'ai eu l'occasion d'observer dans la région de Wartema et de Koudougou des forgerons Tamberma qui utilisaient tous des soufflets en argile.

(6) Voir aussi à ce sujet Celis (1991 : 156).

(7) Dugast (1986 : 33) décrit en détail chez les Bassar la procédure de transport d'une telle pierre dans un atelier et les cérémonies rituelles qui s'y attachent ; ce transport nécessite une main-d'œuvre importante.

de petits modèles parmi lesquels il faut y compter aussi les différents marteaux en fer qui servent avant tout à la décoration des lames de houe et pour d'autres travaux de finition. On trouve aussi à cet endroit le burin avec lequel on peut découper des parties métalliques, et éventuellement un tisonnier ainsi qu'un petit balai avec lequel on nettoie de temps en temps l'enclume⁽¹⁾. Derrière, on trouve souvent aussi la provision de charbon de bois, de temps en temps le forgeron en jette quelques poignées dans le feu.

Parmi les autres outils qui sont conservés à proximité immédiate du forgeron, il y a une ou plusieurs pinces. Traditionnellement, il s'agit en l'occurrence dans cette région, de pincettes, comme j'ai pu encore l'observer chez le forgeron de Baaga. Mais de nos jours on utilise le plus souvent des pinces articulées que les forgerons fabriquent eux-mêmes comme ils le faisaient autrefois pour les pincettes.

Les pinces articulées présentent sans aucun doute beaucoup d'avantages, lorsqu'il s'agit de manipuler rapidement de grandes pièces ; les pincettes, par contre, se prêtent, elles tout aussi bien, sinon mieux à plusieurs tâches⁽²⁾. Une pince articulée peut, selon les besoins et sans qu'on soit obligé d'augmenter la pression, saisir des objets de dimensions très variables. Une pincette peut, certes, ne fixer que des objets ayant une certaine épaisseur, mais la pression qu'elle exerce sur ces derniers est très différente selon l'endroit saisi. Les forgerons du Nord-Togo, comme décrit dans le chapitre 2.2., savent mettre à profit cette propriété, comme par exemple pour tordre des objets. Il est évident que la pince non articulée exige des efforts (pression) plus grands, lorsqu'il s'agit de saisir un objet pendant une période de temps relativement longue.

Cette carence peut toutefois être compensée par des **manches en bois** dans lesquels on plante provisoirement les ouvrages que l'on peut ensuite manipuler sans effort, entre la cheminée et l'enclume. Ces manches en bois ont en plus l'avantage de ne pas chauffer aussi rapidement que les pinces en fer⁽³⁾. Ces manches en bois, qu'on peut appeler "manche de rechange", doivent être

(1) Chez les Kabyè (Verdier 1982 : 27) comme chez les Bassar (Dugast 1986 : 51), ce balai représente en même temps une sorte d'insigne du forgeron.

(2) L'utilisation de telles pincettes par un forgeron bassar est visible sur les Fig. 10 et 11 de Dugast 1986.

(3) Le fait que les pinces en fer chauffent relativement vite, à cause de la haute conductibilité thermique du fer, explique essentiellement pourquoi les forgerons possèdent plusieurs pinces : lorsqu'une paire de pinces devient trop chaude, elle est soit refroidie dans un bain d'eau, ou bien remplacée provisoirement par une autre.

considérés comme des outils de base qui complètent les pinces non articulées⁽¹⁾. Dans les forges traditionnelles il y a toujours bien eu toute une gamme de ces manches en bois qui certes, s'usent vite, mais que l'on remplace aussi rapidement.

Les marteaux de pierre que l'apprenti du forgeron manipule, sont perçus par plusieurs auteurs comme le témoignage d'une technique primitive ou même de l'âge de la pierre⁽²⁾. On doit rejeter cette idée comme une idée fausse : une observation précise démontre clairement que les marteaux de pierre constituent des outils hautement spécialisés qui sont exactement adaptés aux méthodes de travail particulières des forgerons⁽³⁾. Les plus gros morceaux pèsent jusqu'à 10 kg, leur forme est cylindrique; ils présentent une partie postérieure au profil arrondi, et une partie avant dont la pointe représente une loque en zigzag qui décrit un angle obtus entre deux surfaces lisses⁽⁴⁾. L'apprenti qui se sert du marteau, doit toujours veiller à ce que cette arête soit-droite et ne s'ébrèche pas. Il doit régulièrement l'aiguiser à l'aide d'une petite pierre très dure, pour éviter que le lourd marteau ne laisse des éraflures sur l'ouvrage. Le mouvement décrit par le marteau quand il s'abat sur l'ouvrage n'est pas rectiligne, orienté de haut en bas, mais constitue une courbe elliptique : soulevant le marteau très près du corps, l'apprenti le rabat, les bras tendus. C'est pour cette raison qu'au point le plus bas de l'ellipse, à l'endroit où l'impulsion est transmise à l'ouvrage et la déforme, il y a, à côté de l'effet vertical, également un mouvement horizontal non négligeable,

(1) Cline (1937 : 90) ne considère pas cet outil comme un complément, mais comme une forme primitive des pinces : "Forcing the hot iron into a temporary wooden handle is the most primitive substitute for tongs." Celis (1991 : 184) parle également de ces manches en bois.

(2) Par exemple Maurice (1958) décrit dans un article les marteaux de pierre des forgerons tamberma sous le titre de "Vestiges du néolithique...". Jeffreys (1948) parle dans un article de "Stone - âge Smiths" du Nord-Nigeria. Déjà l'expression forgeron du "néolithique" est en soi une contradiction, vue que conformément à la définition, l'acquisition des connaissances relatives aux techniques du fer a mis fin à l'âge de la pierre. L'opinion parfois exprimée selon laquelle les forgerons ne sont pas en mesure de fabriquer des marteaux à partir du matériau qu'ils transforment, est tout aussi absurde que la thèse selon laquelle le métal serait trop précieux pour les forgerons pour qu'ils en usent pour fabriquer de marteaux.

(3) Bérard (1951 : 231) a dû également faire l'expérience du refus des forgerons locaux d'échanger leurs outils contre des marteaux de fabrication européenne : "Les forgerons se servent de grosses pièces comme enclumes et pour rendre par martèlement à chaud la masse métallique homogène. Ils se servent de pierres plus petites, dont une arête est aiguisée en tranchant, pour le façonnage. [...] Notons encore que ces ouvriers refusent obstinément de se servir d'enclumes et de marteaux que nous leur offrons gratuitement avec l'aide d'un ouvrier spécialiste pour leur formation."

(4) Maurice (1958 : 69) décrit très exactement cette forme de marteau, mais se trompe dans l'interprétation de la partie se trouvant sur la surface de choc qu'il appelle faussement tranchant : «Les marteaux *yoaba* que nous avons photographiés à Daro Tempobré sont sans doute un des vestiges les plus saisissants de la survivance de l'âge de la pierre polie dans la région. Ces masses ont la forme trapue d'une grosse hache de pierre à tranchant ; elles sont tenues à deux mains par le forgeron. Dans la fabrication, tout le soin est donné au finissage des deux surfaces permettant d'obtenir un beau tranchant.»

orienté vers le corps de l'apprenti, c'est-à-dire un mouvement qui part du milieu de la pièce et se dirige vers la périphérie. L'avantage technique du marteau en pierre sans manche réside dans cette deuxième impulsion imprimée simultanément à l'ouvrage, étant donné que par là, on élargit considérablement l'ouvrage - habituellement une lame de houe-. Aucun marteau à manche, fabriqué sur le modèle européen, ne pourrait résister longtemps à de telles forces latérales combinées à l'effet de frappe.

Dugast a démontré que les marteaux en pierre peuvent être répartis en différents types de marteaux, qui se distinguent les uns des autres par la taille, le poids et la forme de la surface de frappe. A chaque type de marteau, on peut attribuer une fonction précise lors du processus de fabrication d'une lame de houe⁽¹⁾.

Un autre avantage du marteau en pierre par rapport au marteau en métal réside dans la plus faible conductibilité thermique de la pierre. Ainsi, l'ouvrage demeure plus longtemps forgeable, et il est possible de donner plus de coups lors de chaque phase de forgeage que lorsqu'on utilise des marteaux métalliques⁽²⁾. Des marteaux en pierre de cette forme ou de forme comparable sont très répandus en Afrique. En Afrique de l'Ouest, on les utilise souvent en combinaison avec des marteaux métalliques, et là, le gros oeuvre est réservé aux marteaux en pierre⁽³⁾. Ceci peut être considéré comme une preuve supplémentaire que les marteaux en pierre ne sont pas l'expression d'une technologie «primitive», mais qu'ils remplissent des fonctions bien déterminées dans le processus de façonnage, en appui à d'autres outils.

Le forgeage de la fonte brute

La transformation du fer brut ou du fer contenu dans la loupe est une technique particulière qui précède le travail même de la forge. Ce n'est que lorsqu'on réussit à produire des morceaux de fer suffisamment gros ayant un degré d'homogénéité relativement élevé, qu'on peut produire et donner une forme aux différents outils fabriqués à partir du matériau obtenu, sans courir constamment le risque de voir apparaître des fissures ou des cassures. D'une manière générale, j'estime que la durée de temps et la consommation en combustible nécessitées par

(1) Dugast (1986 : 45, Tableau 3) Frobenius (1924 : 23) dresse une liste similaire.

(2) «The special advantage of the stone hammer would appear to lie in its great weight and mass concentrated along a narrow line, and also no doubt in its low conductivity of heat» Fagg (1952 : 52).

(3) Par exemple chez les Tula et les Sukur (Nord-Nigeria), Fagg (1958) et Sassoon (1964) ; chez les Yorouba (Nigeria), Bellamy (1904) ; chez les Matakam (Cameroun), Hinderling (1955) et chez les Tamberma (Benin), Maurice (1958), pour les Senoufo Francis-Boeuf (1937). Voir aussi à ce propos Cline (1937 : 89).

les différentes phases de ce travail sont plus importantes que lors du façonnage de l'ouvrage lui-même⁽¹⁾.

La première phase de préparation consiste à marteler à froid les morceaux de loupe dans lesquels on suppose la présence du fer⁽²⁾. Etant donné que le fer possède, -jusqu'à un certain degré-, la capacité plastique de se déformer et que le laitier tombe sous forme de fines particules ou de poussières, sous les coups violents administrés avec l'aide du plus gros des marteaux disponibles, il en résulte des morceaux plus petits contenant presque exclusivement du fer pur. Les morceaux sont expertisés séparément les uns après les autres, et puis en partie martelés une fois de plus à froid jusqu'à ce qu'il ne reste plus finalement que des formes aplaties de 1 à 6 cm de diamètre visiblement déformées par des coups de marteau. Ce sont ces petits morceaux de fer contenant naturellement du laitier, que le forgeron trempe dans une solution d'argile comme décrit au chapitre 2.2, et insère dans une feuille de papayer pour en faire des boules.

Trois jours plus tard, dès que les paquets de fer trempés dans de l'argile sont devenues secs, on peut entamer la deuxième phase de l'épuration : ces boules sont chauffées séparément les unes après les autres dans la cheminée. Jusqu'ici cette phase de travail a toujours fait l'objet de spéculations dans les sources documentaires. Une partie des auteurs supposent qu'à travers ce procédé, on augmente la teneur en carbone, d'autres cependant avancent l'hypothèse selon laquelle le carbone superflu serait éliminé à travers ce procédé⁽³⁾. C. Goucher décrit

(1) Ceci a dû se répercuter autrefois sur le prix du produit fini (cf. à ce propos chapitre I). Pour cette raison, les produits métalliques étaient traditionnellement évalués avant tout selon le poids du métal transformé. Les petits objets dont la fabrication n'avait nécessité que quelques grammes de fer, ne jouaient de ce fait qu'un rôle secondaire dans la situation économique du forgeron. Aujourd'hui les jeunes forgerons ne sont plus du tout au courant de la préparation du fer brut, étant donné que ce procédé n'est plus nécessaire pour la ferraille. Contrairement au procédé décrit ici pour le Nord-Togo, Celis pense que la préparation et l'épuration du fer brut exigent au maximum une journée.

(2) On a relevé également au Nigeria des processus d'épuration comportant plusieurs phases. Tylecote (1981:23) voit en eux une condition préliminaire à la production du fer pur : "The metall from the Nok culture shows an extraordinary degree of purity and freedom from slag inclusions which is what would be expected in the raw bloom had been carefully broken up in the cold state to extract the iron, rather than by forging the whole mass at a high temperature. This has probably been done by breaking up the 'bloom' in a mortar made from old quernstone and consolidating the particles of iron in a clay cored ball, as was done at Jos in the 1950s."

(3) Goucher (1985 :130) et Cline (1937 : 36) supposent qu'une carburation se produit dans la boule d'argile et de fer pendant le chauffage. Martinelli (1982 : 57) et Dugast (1986 :46) sont d'avis que ce faisant, l'acier qui était fortement carburé lors de la fonte, se décarburait. Cline se contredit lui-même dans une certaine mesure, lorsqu'à un autre endroit (1937 : 54), il établit, comme les deux auteurs cités en dernier lieu, à propos de processus de forge similaires en Afrique, l'hypothèse suivante : "In a few instances, however, the iron seems to have been liquefied in smelting, and then "puddled" by repeated heating and hammering to reduce the excess carbon [...]."

celle technique dans un chapitre intitulé, "The Crucible Step" et est d'avis que la grande qualité des outils fabriqués à partir de l'acier localement produit repose exclusivement sur cette technique de préparation⁽¹⁾.

Cette discussion n'a pas besoin d'être reprise ici, compte tenu des résultats présentés au chapitre 3.4. et des micrographies (Fig. 37 et 38) : lors de la transformation du fer brut provenant de la loupe en produit fini, la teneur en carbone ne change que de manière négligeable, et encore dans les zones périphériques où une légère décarburation s'est produite. Ceci constitue un procédé normal lorsque le forgeage s'effectue sous incandescence. La fabrication des boules de fer et d'argile n'influence donc en aucune façon la teneur en carbone de l'acier.

Mon opinion est que ce processus est absolument nécessaire à la préparation du fer brut, même si en aucun cas une carburation ni une décarburation de l'acier ne s'y associent. La fonction de la préparation repose selon mes observations, en premier lieu sur la nécessité de débarrasser le fer brut du laitier superflu⁽²⁾. Les loupes de coulage ordinaires peuvent receler jusqu'à 20% de laitier, cependant la forgeabilité du fer n'est assurée qu'en cas d'une teneur bien moindre en laitier. Des teneurs inférieures à 1 % peuvent être tout à fait tolérées, elles contribuent même à la dureté du fer⁽³⁾. On observe aussi que sous l'effet des premiers coups que l'apprenti-forgeron administre à la boule chauffée pendant plus d'une heure dans la cheminée, des parties fluides et visqueuses ayant une coloration plus sombre que le fer incandescent, coulent ou se détachent de l'ouvrage⁽⁴⁾. La "couleur rouge incandescente" constitue pour le forgeron le critère le plus important pour déterminer quand la forme métallique qui d'abord est très

(1) Goucher (1985 : 173) compare l'acier de Bandjéli à l'acier de Damas et à d'autres aciers hautement carbures en provenance de l'Inde qui, de son avis, ont obtenu leur teneur en carbone par la même procédure.

(2) Krieger (1963 : 326) parle d'une procédure semblable que les forgerons haoussa appliquent et qui sert également avant tout à l'épuration de la loupe de fer : "La fonte non épurée est d'abord travaillée par les forgerons [...] dans les ateliers de leur pays. Elle contenait encore des particules de charbon et des morceaux de laitier, mais chauffée plusieurs fois, en partie dans un pot (*kasko*) et martelée soigneusement, elle devenait du fer utilisable pour la forge".

(3) Osann (1971:164) parle de produits semblables obtenus à partir d'essais de fonte réalisés à titre expérimental : "Les produits contiennent du laitier, à environ 20% de leur poids, et doivent être chauffés, c'est-à-dire portés à une température si élevée que le laitier redevient fluide et peut en être de nouveau extrait par martèlement. C'est seulement lorsque le fer ou l'acier ne recèlent plus qu'environ 1 % d'inclusions de laitier, qu'ils pourront être travaillés à la forge."

(4) Dugast (1986: 46) imagine des procédés semblables comme explication technique de la boule de fer trempée dans de l'argile : "L'opération s'apparente en effet à une purification réalisée par l'intermédiaire d'un fondant argileux. Le laitier qui s'écoule de la boule réunit vraisemblablement des déchets de fer et une partie de l'argile."

peu homogène, et qui est remise au moins cinq fois au feu, est suffisamment dure, ou bien si l'on doit continuer de la marteler avec grande prudence. C'est seulement quand la couleur est devenue quelque peu homogène, que l'on peut entamer la prochaine phase de préparation.

La troisième phase, qui fait également partie de la préparation, est constituée par le martelage et le retournement répété des morceaux de fer ainsi obtenus pour les aplatir. Ce procédé sert à éliminer les irrégularités subsistant dans la teneur en carbone et dans les autres composantes de l'acier, ou du moins à répartir celles-ci de manière à ce que plus tard, lors du façonnage, il n'existe plus de risque de fissure. La technique consistant à fabriquer uniquement des bandes plates de fer d'une épaisseur inférieure à 1 cm, à en rabattre ensuite les deux bouts vers le milieu avant de les chauffer à nouveau et les aplatir à l'aide du marteau, cette technique donc a été également mise en application dans une forme tout à fait comparable en Europe⁽¹⁾. Même si en Europe on fit la même chose à une plus grande échelle, l'objectif est en principe toujours resté le même, à savoir équilibrer par ce procédé les différentes parties du fer.

À la fin de la préparation, les morceaux de fer de forme rectangulaire obtenus à partir de chacune des boules, sont mis de côté et ne sont retravaillés qu'une fois tout le fer disponible forgé. Le fer fourni par deux boules suffit pour la fabrication d'une grande houe ; les petites houes de sarclage peuvent être fabriquées à l'aide d'un morceau de fer.

C'est le lieu d'expliquer un problème technique supplémentaire que moi aussi j'ai de la peine à élucider : toutes les étapes de préparation du fer brut décrites ici sont dans tous les cas nécessaires pour obtenir du fer forgeable en morceaux suffisamment grands et homogènes. Mais comment les forgerons s'y prennent-ils pour travailler des morceaux de fer brut ayant plus de 10 cm de diamètre ? Dans les cas de fonte que j'avais décrits, on a déjà obtenu des morceaux de fer ayant jusqu'à 8 cm de diamètre, qui lors de la constitution des boules de fer et d'argile, avaient déjà un diamètre équivalent à celui d'une boule. Que se passera-t-il donc si jamais, dans toute une loupe, il y avait des morceaux de fer plus grands et homogènes ? Je présume qu'on commencerait par diviser les morceaux en des fragments de 10 cm maximum de diamètre avant de les transformer en boule de fer et d'argile.

(1) "La fabrication de l'acier corroyé qui consiste, le cas échéant, à plusieurs reprises, à forger du fer de la même sorte, à en tirer des barres, à les briser et à les rassembler sous forme de gerbes avant de les reforge à nouveau, est tout d'abord une technique du procédé de coulage éprouvée sur le plan industriel. Il en résulte un très large équilibrage des différences qui existent à l'origine à l'intérieur des différentes loupes et d'une loupe à l'autre, surtout en ce qui concerne la teneur en carbone." Osann (1971 : 135)

Façonnage et techniques de martelage

Le point de départ de tous les objets que le forgeron produit est constitué par des morceaux de fer rectangulaires d'environ 6 x 12 cm² de base et 1 à 2 cm d'épaisseur. Même les traverses de chemin de fer qui aujourd'hui constituent en règle générale le matériau de base, sont d'abord réduites en de tels morceaux, avant que ne débute le modelage de la lame de houe.

Déjà le forgeage était un travail exécuté en commun par le forgeron qui dirige les opérations et ses apprentis. Lors du façonnage, la collaboration du groupe s'avère encore plus importante, étant donné que les différentes phases du travail pour lesquelles le forgeron donne des directives, se succèdent rapidement, et que les phases de chauffage ne durent souvent que quelques secondes.

Le forgeron indique entre autres à l'apprenti chargé des marteaux le nombre de coups qu'il est nécessaire de donner et le marteau à utiliser à cet effet⁽¹⁾. Là où l'apprenti dépense le plus d'énergie, c'est quand il donne des coups de marteau destinés à élargir la tôle dont l'épaisseur diminue tandis que la superficie augmente. Le produit doit être une tôle de 2 à 3 mm d'épaisseur au maximum, qui ne doit cependant pas présenter des bords irréguliers ou comporter des parties trop minces, et par conséquent pailleuses. Pour façonner une lame de houe, le forgeron essaie de se tirer d'affaire avec 10 ou 12 passages du morceau au feu. Il évite en principe, de chauffer toute la pièce, pour économiser le combustible. Il la place, autant que faire se peut, dans la cheminée, de manière à ce que seule la partie qui doit être forgée en premier lieu, soit portée au rouge. Au total on doit marteler une tôle de houe deux fois sur chaque partie, pour obtenir la dureté souhaitée ; ainsi les douze phases de chauffage se répartissent en deux tours.

Toutefois, avant de donner sa forme définitive à la lame, le forgeron doit savoir les endroits où plus tard il doit placer les cannelures sur l'ouvrage. D'abord il modèle soigneusement ces encoches ; c'est un travail que le forgeron peut exécuter en partie lui-même, en tenant dans la main gauche la pince serrant l'ouvrage et dans la main droite un petit marteau en pierre. Plus tard, lorsque la lame de houe aura atteint ses dimensions définitives, il ne sera plus possible d'apporter quelque correction que ce soit à la cannelure aménagée à un angle aigu .

(1) Ceci n'a pas toujours besoin d'être dit : si l'équipe est bien rodée, il suffisait qu'on soulève la lame de houe avec la pince et qu'on la laisse tomber légèrement, pour inviter l'apprenti, grâce au bruit métallique qui se produit sur l'enclume, à donner un, deux ou trois coups de marteau supplémentaires.

Du point de vue de l'effort physique fourni, c'est le travail de l'apprenti chargé du marteau qui est assurément le plus difficile. Il exige en même temps une bonne maîtrise des lourds marteaux, étant donné que, comme mentionné plus haut dans la description de cet outil, on doit exécuter avec lui un mouvement circulaire compliqué. Par ailleurs, si l'apprenti assène des coups trop violents, il en résulte des risques de fissure du matériau. Par contre, si les coups sont trop légers, on est obligé de chauffer plus souvent l'ouvrage, ce qui entraîne une consommation excessive de combustible. S'il advient que la lame de houe se fissure, le forgeron peut, le cas échéant, essayer de combler le trou à partir des deux côtés de la fissure à l'aide d'un petit marteau ou bien, si la fissure se trouve sur le bord, il peut tenter de découper la partie déchirée⁽¹⁾.

A part la connaissance approfondie des différents marteaux, le travail avec les marteaux en pierre exige un contrôle permanent de l'état de chaque marteau utilisé, puisque s'il arrivait que la face de choc de celui-ci présente des irrégularités, il peut vite entraîner de gros dommages. En revanche lorsqu'il s'agit de réaliser des travaux exigeant une certaine finesse, l'apprenti bénéficie souvent d'une période de repos plus longue, étant donné que le forgeron travaille alors seul. Un élément très important qui contribue à la stabilité de la lame de houe des Kabyè est constitué par la courbure de la tôle. Une lame tout à fait plate dont la superficie et l'épaisseur seraient équivalentes, ne pourrait jamais supporter les charges des rudes travaux champêtres. C'est pour cette raison que le forgeron tient beaucoup à ce que cette courbure soit régulière ; et il y apporte des retouches à froid, sans chauffer la pièce. Au son que rend la tôle et à ses vibrations, il peut reconnaître quelle partie est trop mince ou trop épaisse, et si la courbure est la même partout. On peut également modifier la courbure en martelant énergiquement l'ouvrage à froid, sans craindre de déformer ses différentes parties⁽²⁾.

Ce n'est qu'à la fin lorsqu'il ne reste plus que quelques travaux d'affinage et quelques ciselures à imprimer, que le forgeron travaille la lame de houe avec le marteau métallique : cette phase de travail montre que l'utilisation du marteau en fer est tout à fait connue, mais qu'elle est réservée à des tâches précises auxquelles elle se prête parfaitement. Le marteau en fer consiste en une barre de fer conique

(1) Dugast (1986:46) rapporte qu'à cause de cela les deux apprentis du forgeron échangent souvent leur place.

(2) La houe des Kabyè est un outil complexe qui, entre autres, n'est produite jusqu'ici que par les forgerons locaux, justement à cause de sa fabrication relativement compliquée. Aussi Froelich (1968 : 83) met-il en relief ces houes : "Elles [les boules de fer] produisent les grandes houes cordiformes de type Kabrè ; ces houes sont les plus lourdes, les plus larges et les plus belles de tout l'ouest africain.". Martinelli (1984 : 501) traite en détail la question relative à la pérennité des différentes formes de houe connues au Nord-Togo.

ayant une coupe transversale ronde de 2 à 6 cm de diamètre ; le forgeron tient le marteau dans la main, le gros bout destiné à marteler, tourné du côté extérieur de celle-ci. En tournant la face extérieure de la main vers le bas, le forgeron assène des coups sur la lame de houe.

Lorsqu'il s'agit de fabriquer des objets qui sont beaucoup plus petits que la houe, le forgeron se passe presque totalement de l'aide d'un assistant chargé du marteau. Il n'existe pas de règles fixes selon lesquelles on doit par exemple façonner une bague : la fabrication de tels objets dépend en grande partie aussi de l'expérience et de sa capacité à tenter la fabrication de tel ou tel objet sacré⁽¹⁾. Le même principe est valable pour la production des fusils ordinaires, dont le canon est fait avec un tuyau ; peu de forgerons maîtrisent encore à Bitcabé cet art qui, toutefois, ne doit plus être exercé aujourd'hui à cause de l'interdiction de détention d'arme à feu.

Les lames de houe représentent aujourd'hui le seul produit ayant une valeur économique pour le forgeron⁽²⁾. Autrefois la fabrication d'armes était également -du moins en partie-, très lucrative. On fabriquait par exemple des pointes de flèches en très grandes quantités. Comme chez les fabricants de clous du 19^e siècle en Europe Centrale, quelques gestes effectués par le forgeron souvent suffisaient⁽³⁾.

Dugast (1986) avance, concernant les techniques des forgerons appartenant à divers groupes ethniques de la région, l'hypothèse suivante qui est fort intéressante : il suppose qu'une partie des forgerons, en l'occurrence les Bassar, ne sont en mesure d'exécuter que des travaux bruts, et de forger de gros objets (houes et haches) en raison de leur outillage et de leurs techniques particuliers. A ceux-là, Dugast oppose un groupe de forgerons plus fins auquel appartiendraient avant tout les forgerons Tem. Ceux-ci seraient capables, grâce à leur outillage particulier comprenant des pinces articulées, des marteaux à manche et des soufflets à tuyau souple, de fabriquer des objets plus affinés, tels que des couteaux et des parures. Cette idée d'une complémentarité régionale entre diverses techniques de forge, ne peut être approuvée que pour une courte période de temps,

(1) Certains forgerons n'ont par exemple pas le courage de fabriquer des castagnettes. En tout et pour tout, je n'ai rencontré qu'un seul forgeron, qui du reste avait séjourné quelques années à Koumasi, qui soit capable de me démontrer la manière dont on fabrique la grande double cloche.

(2) J'ai sciemment renoncé à établir ici un inventaire des objets fabriqués par les forgerons Kabyè. Ceci a été déjà fait en détail ailleurs pour les Bassar (Hahn 1991 : 127-172) et doit aussi l'être bientôt pour les Kabyè.

(3) Klose (1904 : 71) présente un rapport qui montre clairement la fabrication de ces pointes de flèches.

ne remontant pas trop loin dans le passé et que Dugast a pu déterminer lors de ses enquêtes⁽¹⁾.

Des rapports plus anciens montrent tout à fait la capacité des forgerons traditionnels bassar à produire également des objets plus petits, voire extrêmement petits (couteaux, castagnettes, pointes de flèches), même si les outils utilisés à cet effet semblent surdimensionnés⁽²⁾. La capacité du soufflet par exemple ne dépend pas des différents objets à forger, mais est proportionnée à la technique la plus dispendieuse possible que le forgeron puisse utiliser. Il s'agit historiquement là en tout cas du forgeage décrit plus haut. Les pinces articulées et le soufflet à tuyau souple sont, à mon avis, des éléments récemment introduits dans la région, et qui se sont acclimatés d'abord chez les Tem au début de ce siècle, grâce à l'influence croissante des Haoussa. L'expansion de ce soufflet à la capacité plus réduite fut très vraisemblablement favorisée par le fait que le fer déjà préparé (ferraille européenne) était alors disponible.

Les marteaux à manche, dont l'utilisation est sûrement à mettre au compte des influences européennes, connurent également un développement similaire⁽³⁾. Des textes de Frobenius indiquent qu'autrefois les techniques de forge des Tem ont dû ressembler à celles des Bassar et Kabyè⁽⁴⁾. On peut situer dans la première moitié de ce siècle l'apparition des forgerons ambulants qui n'étaient pas en mesure eux non plus de préparer leur fer brut⁽⁵⁾.

La soudure

Une technique importante utilisée pour la fabrication d'un certain nombre d'objets de grande taille consiste à souder plusieurs morceaux de fer ensemble⁽⁶⁾. Cette technique largement répandue en Afrique subsaharienne, avait joué

(1) Dugast (1986 : 31) explique lui-même que ses informateurs l'ont convaincu que cette complémentarité existe toujours. Mais on ne saurait en tirer que très partiellement des conclusions sur les techniques de forge des temps passés.

(2) Dans la liste de tous les objets fabriqués par les forgerons bassar, (Hahn 1991 : 146) on trouve un grand nombre de petits objets. J'interprète cela comme la preuve qu'avec leurs «grands» outils, les forgerons étaient parfaitement en mesure de fabriquer également des objets petits et fins.

(3) Les deux instruments (à savoir la pince articulée et le marteau à manche) sont entretemps aussi répandus dans plusieurs ateliers des forgerons Bassar et Kabyè, même si on continue d'y fabriquer principalement de grands objets (surtout des lames de houe).

(4) Frobenius 1924: 24.

(5) Durain (1968 : 222) apporte un témoignage semblable sur les "forgerons ambulants", dans sa description des métiers locaux.

(6) Plusieurs auteurs mentionnent certes le fait que les forgerons locaux maîtrisent la technique de la soudure, mais ils n'apportent aucune précision quant à la procédure utilisée (par exemple : Francis-Boeuf (1937 : 442).

autrefois, en rapport avec la transformation du fer produit localement, un rôle plus important qu'aujourd'hui. Les forgerons qui aujourd'hui n'utilisent plus que la ferraille, ont juste besoin de couper celle-ci en petits morceaux et non de la recomposer à partir de plus petits⁽¹⁾. Comme cela ressort clairement de la description ci-dessus, la soudure pour la fabrication de lames de houe à partir du fer produit traditionnellement est, chez les Kabyè, une technique absolument nécessaire.

La soudure signifie toujours l'assemblage de deux morceaux de fer que l'on avait chauffés à blanc auparavant⁽²⁾. Le problème technique particulier qui se pose, est que dans le feu ouvert, dans lequel ils sont placés, il se forme à la surface des morceaux de fer une couche d'oxydation sous l'action de la chaleur. Une telle couche d'oxydation, qu'on appelle battitures, empêche les atomes du fer des deux parties d'entrer directement en contact ; cela rend la soudure impossible. Sous les coups de marteaux du forgeron, cette couche ne cesse de tomber sous forme de poussière noire ou de plaquettes très fines, rigides et noires. (C'est pour cette raison qu'on désigne aussi ces scories par l'expression "coup de marteau"). Les battitures empêchent donc la soudure de se réaliser ; pour cela il faut recouvrir l'ouvrage là où il doit être soudé, d'un revêtement hermétique qui empêche l'oxygène d'entrer en contact avec le métal⁽³⁾.

Le moyen habituellement choisi en Afrique est une solution très fluide d'eau et d'argile⁽⁴⁾. Dans les forges du Nord-Togo, ce matériau est le plus souvent disponible dans un coin de l'atelier ; soit il est déjà additionné d'eau, ou conservé sous forme de mottes d'argile. Avant d'introduire les ouvrages dans le feu, il faut d'abord les disposer de telle façon que les bords qui doivent être soudés se

(1) Il n'est souvent plus possible, compte tenu des alliages, de souder des ouvrages produits à partir de la ferraille, car celle-ci est souvent constituée par l'acier européen affiné.

(2) "Dans le cas de la soudure au feu, on soude ensemble des pièces appartenant au même matériau en se servant de la pression et de la chaleur. Ce faisant, l'acier est chauffé à blanc (environ 900°) et l'on martèle les parties chauffées pour les souder. Si l'on est en présence de zones de *métal pur*, les cristaux des parties qu'on avait séparées auparavant, se soudent au cours de cette opération sans qu'on ait besoin d'atteindre la température de fusion." Amborn (1976 :45)

(3) Selon Amborn (1976:46), on atteint le même objectif en passant par d'autres voies : la poussière contenant du silicium ("poussière de soudure") liquéfie les battitures ; le calcaire déposé sur les parties à souder dissout le revêtement. Cline (1937:90) indique quelques matériaux inhabituels employés en Afrique orientale dans le même but : «Welding. [...] The Labwor [are] sprinkling the iron with mud made from pulverised old tuyeres, the last two groups [= the Massai and people of Kiziba] using powdered snails shells in the same way, so that the silica can reduce any oxides which may have formed on the surface.»

(4) Certains forgerons du Nord-Togo utilisent en remplacement de la poussière ordinaire pour protéger les parties à souder. Toutefois il s'agit dans ce cas seulement de cloches et de bijoux, c'est-à-dire d'objets qui ne seront jamais soumis à une forte charge mécanique.

touchent librement et sur la plus grande surface possible. Lors de cette opération la majeure partie des battitures tombe dans la zone de bordure. On recouvre ensuite ces bords avec de l'argile qui forme une couche d'environ 0,3 cm d'épaisseur, et on place les ouvrages dans la cheminée de manière à ce que ces zones soient particulièrement chauffées. Après un temps suffisamment long, et qui est fonction de l'épaisseur de la pièce à forger, les deux parties peuvent être retirées du feu à l'aide de deux pinces (ou de manches de rechange) et déposées sur l'enclume. L'apprenti commence alors à marteler ; ce faisant, l'argile réduite en poussière tombe et au même moment les deux parties sont pressées l'une contre l'autre sous l'effet des violents coups de marteau. Aussitôt que l'ouvrage a quelque peu refroidi, le forgeron vérifie la qualité de la jointure et au cas où elle comporterait des lacunes, il peut recommencer l'opération sans toutefois séparer de nouveau les parties soudées : il recouvre tout simplement la jointure avec une couche d'argile. Avec cette technique il ne sera naturellement jamais possible de souder entièrement cette jointure : il demeurera toujours des zones où soit l'argile, soit des restes de battitures empêchent une soudure complète de deux parties. Dans le meilleur des cas cependant, la soudure est si bien réussie qu'il est impossible de la reconnaître plus tard à l'oeil nu.

Ceci est valable par exemple pour les anneaux de pied et les bracelets qu'on fabrique toujours à partir d'une tige de fer, d'une épine de houe ou de pièces similaires. Les deux extrémités du fil de fer restent d'abord ouvertes, et on ne les soude l'une à l'autre que tout à fait à la fin⁽¹⁾. Cette application particulière du procédé de soudure exige une technique dispendieuse, mais qui toutefois est réalisable avec des outils tels que ceux que nous avons décrits plus haut pour les forgerons du Nord-Togo : on façonne une extrémité du bracelet qui se termine en pointe comme une épine. L'autre par contre, est modelée sous forme de ruban de tôle de 1 à 2 cm de long et d'une largeur suffisante pour envelopper entièrement l'autre bout dans un cercle lâche. Cette extrémité forme en quelque sorte une douille dans laquelle on insère d'abord l'épine de façon lâche. Ce n'est qu'après cette phase que commence la procédure décrite plus haut consistant à recouvrir les deux parties à souder avec de l'argile et à les chauffer dans la cheminée. Étant donné que l'anneau a déjà pris sa forme définitive lors de toutes ces phases de travail, il n'est possible de le marteler que sous un angle particulier ou bien si on passe l'anneau autour du manche du marteau en fer.

(1) On ne trouve toutefois plus que rarement de nos jours sur les marchés de tels anneaux soudés avec un soin méticuleux, étant donné que beaucoup de forgerons ne connaissent plus l'ancienne technique et qu'ils ne fabriquent et ne vendent que des anneaux ouverts.

La réparation des lames de houe est, du point de vue économique, plus importante pour les forgerons que la fabrication d'objets de parure⁽¹⁾. Les forgerons de Baaga (Nawdéba) par exemple retirent la majeure partie de leur revenu de ce travail dont les différentes phases ont été décrites avec précision au chapitre 2.2. Avant la soudure proprement dite, il est nécessaire à cet égard de rendre la bordure de ce qui restait de l'ancienne lame de houe droite et lisse. En plus de cela, le forgeron renforce les parties reliées l'une à l'autre avec de minces bandes de tôle qu'il soude sur la jointure.

Evidemment une jointure soudée ne peut jamais avoir la même stabilité que le fer forgé d'une seule pièce. La jointure est toujours réalisée uniquement dans les zones de contact, et les restes de battitures que le métal contient encore, agissent à l'image des inclusions de laitier, c'est-à-dire comme des points de rupture potentiels, (v. supra). Le forgeron peut remédier à cela en soudant plusieurs couches de tôle les unes sur les autres. Certes, la zone de transition entre les deux parties de la houe devient par là un peu plus épaisse, mais celle-ci gagne en stabilité.









Ces problèmes techniques imposent quelques limites à un traitement continu des parties qui ont déjà fait l'objet de réparations antérieures. Parmi les techniques qui permettent de récupérer efficacement les restes de fer, il y a la fabrication de haches à partir des tas de vieilles épines -telle que nous l'avons décrite ici- ; ces épines sont des déchets provenant de la réparation des lames de houe. Par ce procédé, on produit certes, des haches parfaitement utilisables, mais on ne peut plus retravailler le matériau, vu que la part d'inclusions de laitier est trop élevée⁽²⁾.

(1) Gardi (1969:44) parle d'une technique tout à fait semblable chez les Senoufo qui démontre que la signification économique de la réparation des houes était assez grande, au moins au temps où la ferraille n'était pas disponible en quantité illimitée : «La houe était fortement usée par devant par le travail. Le forgeron entreprend à présent de remplacer la partie manquante de la lame. Il répand d'une main des grains de fer -du fer local pris dans une écuelle placée sous sa main- sur les parties minces, les colle à l'aide d'une légère solution d'argile et jette encore une poignée de cendre là-dessus avant d'introduire l'ouvrage dans le feu. Puis, aussitôt que le fer prend une couleur rouge clair, il martèle et aplatit la partie rajoutée. Il répète cette procédure plusieurs fois [...]. De cette façon les grains de fer adhèrent dans un premier temps à la lame, puis ils sont aplatés à coups de marteau ; en répétant cette opération plusieurs fois, le forgeron obtient progressivement du fer en quantité suffisante pour pouvoir redonner à l'ouvrage sa dimension initiale en assénant des coups de marteau énergiques. C'est ainsi qu'au prix de mille efforts on fabrique une nouvelle houe ne comportant guère de zone de soudure visible à l'oeil nu.

(2) Il serait possible de vérifier ces indications à l'aide de la micrographie d'une lame de hache fabriquée avec cette technique par un forgeron de Baaga et qui se trouve dans la collection de l'Institut Frobenius.

Fig. 39 : Tableau classification des formes de soufflets africains.
(selon Amborn 1976, modifié)

(Le soufflet le plus répandu dans le Nord-Togo se trouve dans la colonne 3.2. "Soufflet à membrane sans soupape"

	Soufflet av. piston	Soufflet, peau de chèvre	Soufflet à membrane avec soupape	Soufflet à membrane sans soupape (Mod. du Nord-Togo)	Remarques
1. Maniement	facile	difficile	difficile	très facile	
2. Rél. Volume par levée					la surface du rectangle correspond au volume
3. Nombre des levées/ sec.	1	1/2	2	3.3	facteur de multiplication de 2 et 4.
4. Rél. Volume par seconde					la surface du rectangle correspond au volume
5. Pertes à cause de la friction	moyenne	haute	néant	néant	
6. Pertes à cause de la fuite de l'air	moyenne	haute	niant	rien	
7. Vitesse du cours d'air	ca. 100 m/s	ca. 70 m/s	ca. 90 m/s	ca. 145 m/s	chiffres approximatifs
8. Efficacité	moyenne	faible	moyenne	bonne	

Carte 6 : Extension des types de soufflet

Les données relatives aux Kabyè, Lamba et Nawdba proviennent d'observations personnelles de l'auteur. Pour les autres groupes ethniques, il existe des données dans les documents.

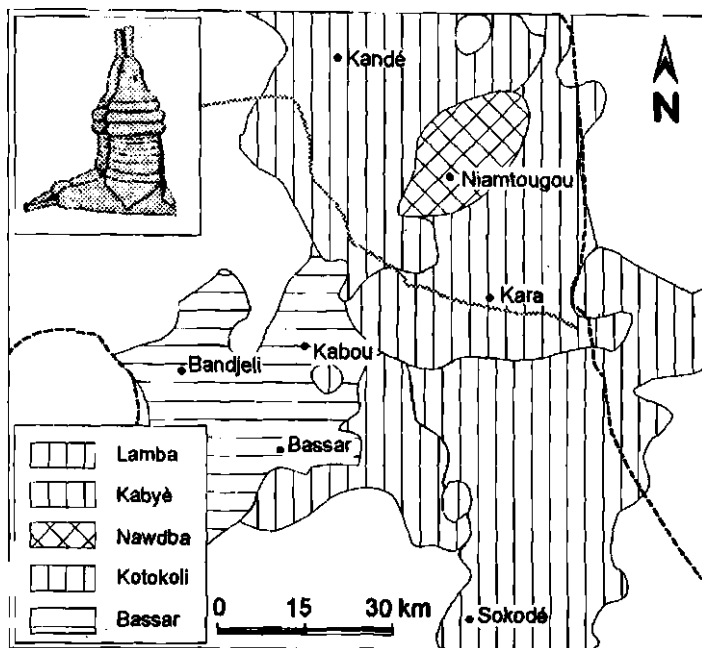


Fig. 40 : Les différentes phases du mouvement lors de l'utilisation du marteau en pierre

La trajectoire elliptique selon laquelle s'oriente le marteau et les forces vectorielles qui agissent sur l'ouvrage, sont représentées sous forme de flèches (A titre comparatif, voir aussi Fig. 28)

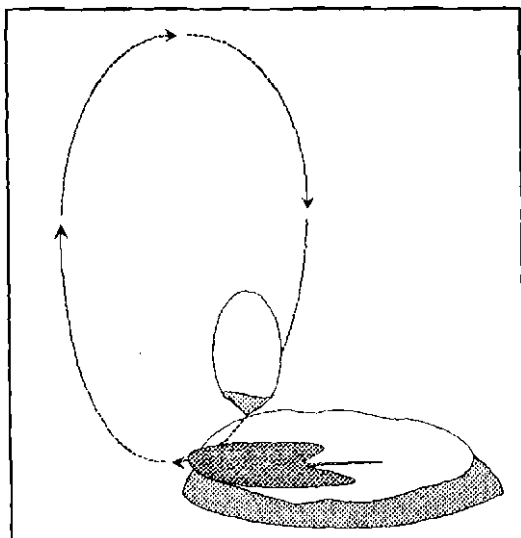


Fig. 41 : La face de choc d'un marteau en pierre lors de l'aiguisage



Fig. 42 : Les différents outils du forgeron

Provenant d'une forge de Tcharé. De bas en haut, tous les outils posés sur une enclume : balai, burin, marteau en fer (à sa droite, un petit marteau en pierre), pince, gros marteau en pierre avec une pierre à aiguiser posée à côté et un attisoir.



4. CONCLUSION : LA FONTE AU NORD-TOGO COMPARÉE AVEC D'AUTRES TECHNIQUES DE FONTE

Résumé : Les particularités techniques de la fonte à Bandjéli

Dans les chapitres précédents j'ai montré que dans la fonte à Bandjéli, il s'agit d'un procédé technique très développé dont les caractéristiques sont d'une importance décisive pour le déroulement et pour le résultat de la fonte. Un important résultat de l'analyse présentée ici réside dans l'affirmation que plusieurs des aspects techniques de cette fonte que nous avons expliqués ainsi que des caractéristiques des matières premières utilisées permettent la fabrication directe d'aciers très riches en carbonates. Sans vouloir citer encore une fois ici ces caractéristiques, nous allons résumer à nouveau les plus importantes.

- **rapport charbon-minerai élevé**
- **manganèse dans le minerai**
- **haute concentration de monoxide de carbone dans le gaz**
- **longue période de fonctionnement des hauts fourneaux**
- **arrêt du ramollissement précoce du résidu de minerai et par conséquent, arrêt de la formation précoce de laitiers par suite du faible taux d'acide silicique dans le minerai**
- **Protection du fer réduit et enrichi en carbone dans le fourneau par un bain de laitiers ⁽¹⁾**

Puisque les maîtres-fondeurs n'ont pratiquement aucune possibilité d'influencer la procédure pendant la fonte, toutes les conditions citées ci-dessus sont remplies essentiellement par la manière de construire le fourneau et par la forme de chargement du minerai. Comme il ressort de la figure 3 et du chapitre 3.1, il s'agit, dans le cas de Bandjéli, d'un grand fourneau cylindrique ou légèrement conique, sans fosse (fondation à même le sol), pour lequel une coulée du laitier par le côté est possible.

(1) Cette liste est reprise de Osann (1971 : 52). Sans mentionner spécialement les fourneaux africains, Osann, dans son importante-étude, a expliqué les conditions fondamentales pour la naissance de l'acier dans les hauts fourneaux, à l'exemple de fourneaux révélés par des fouilles archéologiques et reconstruits sur la base de ces fouilles. Toutes les conditions qu'il a citées sont remplies de façon exemplaire par le type de fourneau habituellement utilisé à Bandjéli.

L'entrée d'air n'est possible que par l'effet de cheminée. Chez les Bassar, l'utilisation de soufflets pour la fonte n'est pas courante.

Les maîtres-fondeurs ne connaissent pas la nécessité technique de la plupart de ces caractéristiques qui constituent le préalable de la production de l'acier. Seule la tradition, la répétition d'une activité que leurs pères et leurs grands-pères ont pratiquée aussi, conduisent à respecter ces caractéristiques nécessaires qui étaient déjà réalisées sur les anciens fourneaux. La construction d'un fourneau ainsi que la fonte consiste donc beaucoup plus à se souvenir de la manière dont cela se faisait plutôt qu'à se demander par exemple pourquoi le fourneau doit être bien haut ou pourquoi les tuyères doivent pénétrer à l'intérieur du fourneau etc. Dans les sociétés africaines peu marquées par la pensée européenne, l'apprentissage de ce procédé que nous considérerions du point de vue européen comme une démarche technique, se fait très rarement par un intérêt immédiat pour les questions techniques. Le plus souvent, ce sont les aspects rituels et quelques actes sacrés qui, pour les maîtres-fondeurs, déterminent la réussite ou l'échec⁽¹⁾. Ceci entraîne aussi des difficultés particulières pour l'observateur qui s'intéresse aux explications techniques. Il en est de même pour les forgerons. Toutefois, pour ces derniers, les intervalles entre deux séances de fabrication d'une houe sont si courts que le souvenir de ce qui a été fait reste presque toujours présent.

Autant l'importance du souvenir ou de la tradition est très grande pour la fonte, autant est grand le risque d'oublier. Spécialement à Bandjéli où les fourneaux se fabriquent à des intervalles de plus en plus longs, toute la technologie se trouve sur le point d'être oubliée⁽²⁾.

(1) Pour un ingénieur ou un ethnologue d'Europe qui observe la construction des hauts fourneaux en Afrique, cette façon d'appréhender la technique métallurgique pose un problème particulier. Avery et al. (1988 : 262) ont réalisé en Afrique Centrale toute une série de fontes expérimentales avec plus ou moins de réussite, et rapportent leurs vaines tentatives de discuter avec les métallurgistes des opérations techniques : "The attempt is not however to modify or upgrade the ore or to concentrate it but to purify the ore from the evil spirits, that it may possess." Certains aspects du déroulement du travail qui paraissent problématiques pour les auteurs, ne pouvaient donc pas être discutés avec les sidérurgistes, (p.266) "many times this procedure [poser des questions] was frustrating, as earlier mistakes were repeated and work continued on projects that everyone agreed were not likely to succeed." Les auteurs citent aussi Wyckaert (1914:376), un missionnaire qui a particulièrement mis en évidence les aspects rituels de la fonte.

De même Gardi (1969:33) rapporte sa vaine tentative d'obtenir pour les différentes phases du déroulement du travail des explications techniques "européennes" : "Quand je posais des questions sur cela [le fait de faire avec du minerai-sablé des boulettes], on me donnait toujours une réponse qui le plus souvent me désespérait : 'C'est comme ça !'".

(2) Selon ce que j'ai pu apprendre, on a construit ces vingt dernières années seulement trois ou quatre fourneaux. L'un en 1974 devant la préfecture de Bassar, un autre pour les besoins du film de Herbert et Goucher en 1984. Deux autres furent construits dans les environs de Tabalo, mais ne furent jamais mis en activité.

Essais d'une classification formelle et fonctionnelle des fourneaux de fer de l'Afrique de l'Ouest

Beaucoup d'auteurs ont entrepris une comparaison des diverses techniques métallurgiques en Afrique et ont esquissé des classifications très variées. Parfois on s'est limité à une simple description des formes vues de l'extérieur, mais quelques rares auteurs ont pris aussi en considération certains aspects techniques pour regrouper les fourneaux africains. Plusieurs de ces descriptions avaient pour but prioritaire de trouver une réponse à la question : "De quand date la technique métallurgique en Afrique?" Le but du présent texte n'est pas d'ajouter une autre hypothèse aux nombreuses spéculations à ce sujet, d'autant plus que la tradition locale de la fonte à Bassar, sur le plan archéologique, n'est prouvée que pour la période à partir d'environ 1000 ans après J.C.⁽¹⁾.

René Gardi résume en ces-termes les connaissances acquises jusqu'à présent à ce sujet :

"Elle [la fabrication du fer] est très ancienne en Afrique. On y transformait déjà le minerai en fer forgeable, alors que sous nos latitudes en Europe les gens du Néolithique polissaient toujours leurs haches en pierre. La technique vint probablement du Proche-Orient en Afrique, en passant par la Haute-Egypte. La magnétite et le fer limoneux qui sont tous deux des minerais faciles à fondre, sont fréquents. La présence de très simples fourneaux à fosses à côté de fourneaux de réduction extrêmement développés prouve qu'il doit s'agir d'évolutions endogènes, et que l'on n'a pas importé d'un autre continent une technique sidérurgique très avancée. Ceci plaide pour un âge avancé de ces techniques"⁽²⁾.

Pour restreindre la portée de la citation ci-dessus, il faut dire que jusqu'à présent, il n'a pas été clairement établi quelles sont les formes simples et quelles sont les formes moins simples de fonte. La constatation générale de Gardi selon laquelle la technique métallurgique est très ancienne⁽³⁾, n'a été confirmée que ces derniers temps par des fouilles archéologiques qui permettent de situer la plus ancienne transformation du fer en Afrique Centrale au 7ème siècle avant J. C.⁽⁴⁾.

(1) Cf. à ce sujet chapitre 1.1

(2) Gardi (1969 : 30). Les thèses développées ici au sujet d'une diffusion de la technique métallurgique en Afrique à partir de l'Egypte, est contestée jusqu'à présent Cf. à ce sujet Amborn (1976).

(3) A ce sujet, Gardi se réfère certainement aux fameuses découvertes faites à Nok. On a trouvé là-bas des restes de fourneaux à coulage qui sont datés approximativement de l'an 300 avant J.C. Cf. à ce sujet van der Merve (1980b : 479)

(4) Noten et Raymakers (1988 : 114-116)

A partir des années trente de notre siècle, et suite au rapide accroissement des données, des essais de classification selon des aspects formels ont été faits en ne se référant pas seulement à des séries d'évolutions techniques et à l'hypothèse de diffusion qui s'y rattache ; ces essais se sont révélés plus fructueux quant aux conclusions qu'on peut en tirer pour les techniques métallurgiques en Afrique.

Dans ce contexte, il se pose pour le cas du fourneau de Bandjéli, la question de savoir comment cette forme de fonte doit être classée, quelles autres techniques de fonte similaires existent encore dans le voisinage, et quelles technologies il faut considérer comme la plus proche d'elle. Certains auteurs soutiennent l'idée que, dans le cas des fourneaux à admission d'air naturel, il s'agit d'une forme secondaire simplifiée de fourneaux à soufflets⁽¹⁾. Cette hypothèse est certainement fausse⁽²⁾ ; dans les fourneaux à admission d'air naturel, le processus de fonte est tout à fait différent, et il arrive même que de tels fourneaux fonctionnent plus efficacement que les fourneaux à coulage actionnés aux soufflets, et fournissent des produits de plus haute teneur.

Tylecote fut le premier à reconnaître les avantages techniques spécifiques des fourneaux à admission d'air naturel :

"This type of furnace [natural draught furnace] would seem to have distinct advantages since the ore would be exposed to almost pure carbonmonoxide and would gradually be reduced as the temperature rose and charcoal consumed. There would be no wastage due to unreduced ore by-passing the tuyeres, and the

(1) Parfois apparaît aussi à ce sujet l'argument du faible investissement de travail : "Les hauts fourneaux qui ont une ventilation obtenue par les tuyères. Dans ce cas les forgerons n'emploient pas de soufflet, le courant d'air s'établit tout seul, on pourrait classer ce genre comme le plus perfectionné, puisque c'est celui qui demande le moins de travail et le moins de surveillance aux forgerons [...]". Mais Francis-Boeuf (1937 : 427) ne reconnaît pas la nécessité d'économiser de la main-d'oeuvre par cette méthode, et de maintenir ainsi une grande production de fer avec relativement peu de personnes, comme ce fut le cas à Bandjéli. Cf. à ce sujet paragraphe 1.2 et Pole (1982)

(2) Schuster (1969 : 29) par exemple soutient l'opinion selon laquelle ces fourneaux ne sont pas en mesure de fondre du fer utilisable. Suivant les indications fournies par la littérature, il a procédé à des expérimentations à l'aide de modèles reconstruits de fourneaux de Bandjéli : "En construisant en 1929 un fourneau cylindrique expérimental de 0,9m de large et de 2m de haut qui, selon le modèle des fourneaux togolais qui ont jadis fait sensation, était équipé de 7 tuyères radiales, l'auteur a déjà prouvé par l'expérimentation que l'on ne s'en sort pas avec un tirage d'air naturel de la cheminée, même si le fourneau a suffisamment de bouches de tirage d'air à sa base. [...] Cela ne donna aucun produit de fonte utile, même pas approximatif."

Après cette expérience frustrante pour l'auteur, la cause de l'échec étant certainement à rechercher dans l'insuffisance de données techniques sur le fourneau de fonte de Bandjéli, l'auteur en vient à un jugement bien subjectif sur le fonctionnement des fourneaux à air en général : "Les fourneaux de ce genre ne sont utiles et répandus que là où le climat rend presque impossible le travail musculaire qui consiste à manier les soufflets, [...] et là où la qualité du produit importe moins."

completion of smelting nothing need be left but lumps of completely reduced ore -underlain by liquated slag and residual charcoal⁽¹⁾.

Celis soutient également l'idée que les fourneaux à admission d'air sont à considérer comme un grand progrès pour la technique métallurgique, puisque, par ce procédé on peut économiser une importante quantité de main-d'œuvre nécessaire au fonctionnement du fourneau⁽²⁾. Mais comme Celis ne se réfère pas au rapport entre la hauteur minimale nécessaire à un fourneau et la possibilité de son fonctionnement par admission naturelle d'air, il ne mentionne pas non plus que, malgré tous ses inconvénients -tels que le surplus de travail nécessaire pour construire un haut fourneau à cheminée et la durée relativement plus longue du processus de fonte- l'avantage spécifique d'une meilleure production n'intervient que dans le cas où la production totale est assez grande, comme ce fut le cas à Bandjéli.

Dans le paragraphe qui va suivre, la technologie de fonte à Bandjéli ne sera pas analysée de façon isolée. Au contraire, les principales classifications des fourneaux à coulage en Afrique seront brièvement présentées⁽³⁾ avec leurs critères formels et fonctionnels, et ce faisant, la question de la place qu'occupe la technique de construction du fourneau du Nord-Togo sera débattue.

Klusemann (1924) a fait une première classification très simple. Son classement purement évolutionniste des fourneaux africains va des "plus simples" fosses aux plus hauts fourneaux, en passant par les fours à même le sol. Pour son classement, Klusemann part d'une évolution locale au cours de laquelle auraient été inventés les fourneaux cylindriques, des fosses pour les laitiers et aussi le chargement du fourneau par couches. Selon lui, la forme la plus évoluée est le "haut fourneau"⁽⁴⁾. Les fourneaux à coulage des Haoussa, des Sénoufo et aussi de Bandjéli appartiennent à cette dernière catégorie. Pour toutes ces formes "modernes" de fourneaux, Klusemann considère comme évidente l'utilisation des soufflets, mais ceux-ci manquent dans certains des

(1) Tylecote 1965 : 343

(2) Celis (1991 : 122) en déduit que la technique des fourneaux à admission d'air est plus récente et se serait répandue dans plusieurs régions d'Afrique au cours des siècles derniers.

(3) Un problème des classifications antérieures des fourneaux réside dans le fait que, souvent, on surestime la forme du fourneau. Kense (1983 : 48) qui a dressé une liste similaire des formes de classification, considère la division en différents groupes uniquement selon la forme du fourneau comme un point faible de la plupart de ces classifications. Sa classification, la seule qui soit basée sur des critères purement fonctionnels, sera discutée plus loin.

(4) Cette appellation de Klusemann ne correspond pas à la définition technique. Cf. à ce sujet chapitre 3.1.

exemples qu'il a donnés (notamment à Bandjeli aussi)⁽¹⁾. Une observation plus minutieuse montre que les grands fourneaux qu'il réunit ainsi dans une même catégorie se divisent en fourneaux à admission d'air et en fourneaux à soufflets. Cependant la carte⁽²⁾ que Klusemann dresse est utile parce qu'elle montre qu'en Afrique Occidentale, les variétés de fourneaux volumineux et par conséquent très hauts, sont nombreuses, même s'il existe dans la même région plusieurs groupes ethniques qui fabriquent leur fer avec de petits fourneaux

En 1937, Cline arrive avec une banque beaucoup plus importante de données, mais classe les fourneaux seulement schématiquement en "large furnaces" et "small furnaces and hearths" qui, selon lui, sont beaucoup plus répandus⁽³⁾. Dans la liste qu'il présente sous forme de tableau, cependant, il manque des descriptions détaillées, ce qui fait qu'il est pratiquement impossible d'établir une classification des différents types de fourneaux, en tenant compte des critères strictement fonctionnels⁽⁴⁾. Au sujet des variétés de fourneaux, Cline évite de parler de fourneaux plus simples ou plus perfectionnés. Il constate cependant qu'il existe un rapport étroit entre les variétés de fourneaux volumineux et leur fonctionnement sans soufflets. Selon lui, les fourneaux à admission d'air se distinguent en premier lieu de ceux avec des soufflets par une plus longue durée de fonte. Selon lui, pour certaines variétés de fourneaux il n'est pas possible d'établir d'autres caractéristiques telles que la possibilité de production d'aciers à haute teneur en carbonate⁽⁵⁾. Toujours selon lui, les fourneaux volumineux ont surtout l'avantage de produire de grandes quantités de fer. Il a observé deux centres régionaux de grands fourneaux à admission d'air naturel : le Soudan Occidental et la région des Grands Lacs en Afrique Centrale⁽⁶⁾. Evidemment, il existe aussi ces variétés de fourneaux en dehors de ces régions, mais de façon isolée, par exemple dans la Corne de l'Afrique. Cependant, toujours selon Cline, ces fourneaux se trouvent dans des

(1) Klusemann (1924 : 138) n'a visiblement pas connaissance de la technologie des fourneaux à admission d'air, c'est pour cela qu'il pose comme postulat l'existence de soufflets pour les fourneaux de Bandjéli aussi, en argumentant que ces soufflets avaient certainement jusque-là échappé à la vigilance des observateurs ; il désigne cette forme de fourneau comme la plus "récente" en Afrique.

(2) Klusemann 1924 : 138, carte 1

(3) Cline 1937 : 42

(4) Sur presque la moitié des 80" exemples rassemblés par Cline (1937 : 44-51), on ne sait pas si oui ou non ils fonctionnent avec des soufflets.

(5) Cline (1937 : 52) envisage d'autres rapports fonctionnels, par exemple, entre le minerai utilisé et la forme du fourneau. Cependant, il souligne la nécessité de clarifier d'abord ces questions par d'autres observations avant de pouvoir formuler des affirmations sur une classification des fourneaux africains.

(6) "The limited distribution of the natural draught technique is rather remarkable. We find it in the area west of the Niger's lower course [...]. The largest furnaces, however are correlated with the natural draught process and suggest much more in an historical way, since they occur in precisely those two, widely separated area where recent trade in metals has been most intense: the Western sudan, and the copper bearing region between Katanga, Lake Nyasa, and the Kafua." (Cline 1937: 52-53).

régions où on faisait déjà depuis les temps anciens le commerce des métaux. Cette hypothèse cadre bien avec Bandjéli : là-bas, les fourneaux à coulage produisaient, tout au moins au 19^{ème} siècle, une quantité de fer considérablement plus grande que ne nécessitait la demande locale, production qui ne pouvait être utilement absorbée que par l'exportation en (i)irection des ethnies voisines, voire vers des ethnies plus éloignées⁽¹⁾.

Amborn (1976) a proposé une classification plus nuancée, mais qui ne se base essentiellement que sur les critères formels. Il distingue entre le four à ciel ouvert, la fosse entourée d'un mur, le fourneau en forme de coupole et diverses formes de fourneau cylindrique⁽²⁾. Il classe en deux sous-catégories les fourneaux cylindriques qu'on rencontre le plus souvent en Afrique : les fourneaux bas qui ont moins de 1,3 m de hauteur et les autres fourneaux plus hauts. Sous ce terme de "grands fourneaux cylindriques" se cachent aussi bien les fourneaux qui fonctionnent avec des soufflets que les fourneaux à admission d'air. En dehors de l'exigence formelle pour un fourneau d'avoir une certaine hauteur minimale pour pouvoir fonctionner avec le courant d'air naturel, Amborn ne cite pas d'autres critères pour cette forme de fonte. Indépendamment des éléments formels, il explique par ailleurs différents critères techniques, par exemple la possibilité de chargement (éventuellement de chargement complémentaire), de la coulée de laitier et d'autres choses encore.

Amborn voit un rapport étroit entre l'efficacité de la fonte et la hauteur totale du fourneau. Selon ses indications, la réduction aussi bien que l'enrichissement se déroulent d'une façon plus complète dans les grands fourneaux⁽³⁾. Cette affirmation est valable pour le cas de Bandjéli, même si, à cause des conditions locales, on ne peut pas atteindre le rendement optimal. Mais une autre hypothèse de Amborn doit être réfutée : Il suppose que tous les fourneaux cylindriques reçoivent régulièrement des chargements complémentaires. La fonte à Bandjéli prouve le contraire.

(1) Cf. à ce sujet paragraphe 1.3

(2) Amborn (1976 : 24-26) cite comme cinquième catégorie de fourneau le fourneau à creuset, mais fait remarquer lui-même que cette forme de fourneau fut probablement souvent utilisée, mais uniquement pour un second traitement de la loupe.

(3) Dans les "fourneaux à chargement par couches" par contre, la réduction et l'enrichissement se font dans des zones séparées, et plus le fourneau est haut, plus le minerai qui descend peut séjourner longtemps dans les différentes zones et être mieux réduit et mieux enrichi en carbone par les gaz qui sortent par le haut. Puisque dans les fourneaux plus grands il peut se former une température plus élevée, un plus grand pourcentage du fer contenu dans le minerai peut donc être traité [...]. On peut dire en généralisant : Dans le fourneau à chargement par couches les minerais sont mieux fondus, et par conséquent mieux enrichi en carbone que dans un fourneau à fosse [...]. Mais ce faisant, Amborn (1976 : 26) néglige les problèmes techniques spécifiques qui peuvent se poser avec des fourneaux ayant des coupes transversales plus grandes. La difficulté plus grande dans la maîtrise de ces grands fourneaux est certainement la raison pour laquelle en Afrique Occidentale les petits et les grands fourneaux sont utilisés concomitamment. Cf. à ce sujet chapitre 3.1 et note de bas de page 1, p. 106.

Malheureusement Amborn exclut l'Afrique Occidentale de sa liste de classification régionale. Ceci s'explique sans doute par le fait que dans cette région, il coexiste une multitude de formes tout à fait différentes de fourneaux. Par ailleurs, cette région est particulièrement intéressante non seulement par rapport à notre sujet, mais aussi pour une analyse comparative des techniques de fonte.

Williams (1974) propose pour sa part, une classification relativement simple qui est guidée avant tout par des idées diffusionnistes historiques. Il subdivise les fourneaux à coulage d'Afrique en trois catégories remontant, selon l'auteur, à des époques différentes, et qui sont nées chacune d'une impulsion provenant du bassin méditerranéen, ou d'Égypte⁽¹⁾.

La première catégorie est constituée par les fourneaux cylindriques qui reposent, selon Williams, sur un modèle "méroïtique". Les caractéristiques communes de ces fourneaux sont une cheminée plus ou moins cylindrique, plusieurs tuyères et l'absence de fosse sous le fourneau pour le laitier. Cette classification englobe donc un plus grand spectre de fourneaux qui, sur le plan fonctionnel, peuvent être de constructions très différentes et sont répandus partout en Afrique. Au sujet du fourneau de Bandjéli, cette classification n'apporte évidemment pas d'informations nouvelles, puisque des détails tels que la hauteur de la cheminée et le mode d'admission d'air ne sont pas du tout pris en considération. Le deuxième type de fourneaux, selon Williams, est le fourneau à coupole avec possibilité de coulée souterraine du laitier. Ces fourneaux qu'on trouve seulement en Afrique Occidentale, de la savane jusque à la Côte de Guinée, se rapporteraient, selon Williams, aux fourneaux de l'époque de La-Tène venus du bassin méditerranéen occidental. Toujours selon Williams, une autre caractéristique commune à cette technique de fonte est la pose souterraine des minerais, avec des couloirs latéraux à l'horizontale⁽²⁾. Enfin, le troisième type de fourneau est le "catalan" caractérisé par une petite cheminée et une tuyère souterraine aboutissant dans la cheminée. Ces fourneaux répandus dans la savane septentrionale en Afrique de l'Ouest, auraient souvent une fosse profonde. Selon Williams, ce type de fourneaux n'a été introduit que bien plus tard en Afrique Occidentale⁽³⁾.

(1) "We shall examine the three furnace types occurring in the area and try to determine their possible relation to furnaces known in the antique world and elsewhere" Williams (1974 : 54).

(2) Williams (1974 : 61) donne un exemple du Togo et se réfère ainsi certainement aux mines d'Akpafu. Mais selon cette classification, les fourneaux de cette région appartiennent à ceux de la première catégorie ; sur le plan technique, ils correspondent aux fourneaux de Bandjéli. Dans l'illustration 24c Williams lui-même classe le type de fourneau d'Akpafu dans la catégorie des fourneaux cylindriques.

(3) Williams (1974 : 65) indique même une date pour l'apparition de ce fourneau en Afrique de l'Ouest, notamment en l'an 500 après Jésus Christ. Selon lui, c'est seulement à partir de cette date que la technique métallurgique s'est répandue partout dans la région.

A mon avis, la classification des formes de fourneaux africains n'apporte aucun progrès significatif dans la connaissance des différentes techniques de fonte. Il est vrai que, dans le monde antique, les trois types de fourneaux cités se distinguaient l'un de l'autre : mais peut-on transposer cette distinction en Afrique aussi ? Dans la plupart des cas, la classification d'un type précis de fourneau africain dans une catégorie donnée reste déjà en soi imprécise puisque, par exemple, les modèles de transition d'un fourneau cylindrique à un fourneau à coupole sont très courants, ou bien il y a aussi des fosses pour la coulée du laitier dans les fourneaux "méroïtiques" autant que dans les fourneaux "catalans". Plusieurs caractéristiques techniques qui étaient en partie inconnues dans l'Antiquité ne sont pas du tout prises en compte par Williams dans sa classification. Enfin, la manière dont il met en rapport les fourneaux antiques et les fourneaux africains est de la pure spéculation.

Pole (1985) qui a procédé lui-même à des expérimentations au Ghana⁽¹⁾, propose une classification très complexe spécialement établie pour les fourneaux ouest-africains. Il distingue 16 (!) différents types de formes. Pole lui-même indique que cette longue liste ne doit pas être considérée comme exhaustive, et qu'il estime possible de pouvoir regrouper plusieurs types après analyse approfondie, ou d'ajouter de nouvelles formes. Il considère la liste plutôt comme un inventaire⁽²⁾, comme une hypothèse de travail qui permet à d'autres chercheurs de situer les formes locales de fourneaux dans tel ou tel contexte. Ce contexte est avant tout à considérer comme régional, puisque Pole donne pour chaque type surtout des informations sur sa dissémination⁽³⁾. Pole classe les fourneaux de Bandjéli comme suit :

"3. A cylinder 2-3.5 m, sometimes slightly bulbous, platform or ladder for acces, using induced draught. Found in south-east Ghana, north Togo, Benin; used by Akpafu, Banyeri, Fon, Atakora full-time specialists⁽⁴⁾".

A un autre endroit, Pole met ce type de fourneau que l'on trouve dans les régions ci-dessus mentionnées, en rapport étroit avec les fourneaux de Yatenga et d'autres fourneaux du nord du Bénin et du sud-ouest du Niger. Selon Pole, tous ces fourneaux

(1) Pole (1974 : 5ff) a analysé de petits fourneaux cylindriques de la région nord-ouest du Ghana, qui fonctionnent avec des soufflets.

(2) Pole (1985 : 159-162) a reproduit à la même échelle un modèle pour chacun de ces types, si bien qu'on peut facilement s'orienter pour savoir à quel groupe appartient tel ou tel fourneau d'Afrique Occidentale.

(3) Toutefois, on trouve (Pole 1985 : 158) quelques groupes, par exemple No 2 (fig.1b) dans des régions très différentes (Gourma et Haoussa), si bien qu'on ne peut pas parler d'une région exclusive d'apparition de ces fourneaux. Dans certains cas, il est opportun de se demander pourquoi les No 3 et 4, qui sont relativement similaires et se trouvent dans des régions voisines, sont classés séparément.

(4) Pole 1985 : 158

se caractérisent par le fonctionnement sans soufflets et par une haute productivité⁽¹⁾.

L'extension régionale de ces fourneaux est ainsi relativement bien circonscrite. Mais Pole fait remarquer que d'autres types de grands fourneaux de construction similaire se distinguent aussi par une haute productivité, la distinction de types apparaît donc seulement partiellement justifiée, (seulement en ce qui concerne la forme⁽²⁾). La liste de Pole se révèle donc très utile pour découvrir les similitudes régionales, mais cette classification ne tient pas compte des particularités techniques des fourneaux, pas non plus de la méthode de travail ni du produit de la fonte⁽³⁾.

Kense présente dans son travail de synthèse les plus importantes classifications des fourneaux africains⁽⁴⁾ et les complète avec sa propre proposition. Sa classification comporte seulement 3 formes, mais qui reposent moins sur des critères formels que sur des critères fonctionnels. Il distingue :

"Type A - bellows ; no combustion chamber ; pit, open hearth

Type B - bellows ; combustion chamber, domed ; bowl : shaft with bellows

Type C - no bellows ; combustion chamber ; shaft,
'hochofen' ; induced draught"⁽⁵⁾

Cette typologie se distingue de celles présentées jusqu'ici par le fait qu'elle rassemble différentes formes appartenant à divers groupes et qu'elle se limite uniquement aux éléments fonctionnels. Toutefois, il a déjà été montré au chapitre 3.1 que la forme du fourneau aussi, par exemple la coupe latérale du cylindre ou la hauteur totale du fourneau, est très importante pour la technique de fonte. Cependant, éléments

(1) "This area [area of the Gur-Mossi, Gru-Grusi, Busanga speaking peoples] was ringed by a much more widespread and better known iron smelting tradition involving the use of tall shafts which did not require the use of bellows. The tallest structures in the whole west african region were used in the Yatenga area. [...] The tradition of using tall shaft furnaces extends much further south and east, [in the south, Hupfeld and others described operations in detail from the Banyeri/Bassari areas in northern Togo." Pole (1985 : 149-150)

(2) A cette catégorie de fourneaux qui produisent également de grandes quantités de fer, appartiennent aussi diverses formes de fourneaux du sud-ouest du Burkina Faso et de la région limitrophe de la Côte d'Ivoire. (Zacharias & Bachmann 1983, Gardi 1969).

(3) Pole aussi (1985 : 163) est conscient de ce problème : "The point I wish to stress in conclusion is that there is no possibility of squeezing more information out of furnace shape alone - it is necessary, of course, to be aware of the range of variability of such forms as the list summarises, but if too much significance is attached to formal characteristics, one is likely to end up with an analysis such as that of Williams. [Cf. ci-dessus!] This apart form being inaccurate in matters of fact, does nothing to advance the subject since it ignores a number of more significant variables."

(4) Cet aperçu des formes de classification (Kense 1983 : 41-49) est très précieuse sur le plan de l'histoire de la recherche. Malheureusement, Kense n'a pas parlé de la publication de Amborn (1976).

(5) Kense (1983 : 49).

de forme et caractéristiques fonctionnelles sont dans maints cas moins faciles à séparer que cela ne paraît dans cette classification.

Selon la classification de Kense, le fourneau de Bandjéli trouve indiscutablement sa place parmi un petit nombre de grands fourneaux qui, à côté du fonctionnement comme fourneau à admission d'air, se caractérisent aussi par la production de grandes quantités d'acier et par un acier relativement riche en carbonate. En affirmant cela, je me réfère à d'autres critères fonctionnels qui peuvent être reliés à ce type de fourneau à travers les classifications déjà citées⁽¹⁾. Mais il reste à savoir si on pourrait compter aussi parmi ces fourneaux d'autres formes de grands fourneaux similaires qui fonctionnent avec des soufflets.

Un autre essai de classification des techniques métallurgiques africaines part du produit des fourneaux à coulage : le fer brut. Van der Merve (1980, 1982) émet à ce sujet l'hypothèse suivante: Il suppose que la technique métallurgique est parvenue en Afrique (et aussi en Europe) à un moment précoce où la fabrication de l'acier n'était pas encore connue. Il postule par ailleurs qu'en Afrique, en Europe et en Asie diverses méthodes furent développées pour produire à partir du fer un acier convenable pour fabriquer les outils. C'est en Afrique seulement que naquit alors une technologie qui produit directement dans le fourneau à coulage un acier de haute teneur en carbonate⁽²⁾. Il apporte pour soutenir cette thèse deux exemples d'Afrique, l'un venant des Buhaya qui actionnent leur fourneau avec des Soufflets, et un autre avec des fourneaux qui fonctionnent par admission d'air naturel. Pour la technique sidérurgique de Bandjéli, cette forme de fourneaux est évidemment particulièrement intéressante. Van der Merve écrit à ce sujet :

"A second smelting procedure clearly of African invention involves the use of induced draft furnaces. The basic concept is simple enough : the hot gases in the furnace have a lower density than the air outside, and thus the hot gases rise, the pressure in the furnace drops, and air is drawn in the bottom through tuyeres. The tall shaft furnaces produced their own drafts, requiring no bellows, their use has been observed in many parts of West Africa. The Congo basin, northern Zambia, southern Tanzania, Malawi, and among peoples like the Galla in the Horn of Africa. [...]"

(1) Cline (1937), Amborn (1976)

(2) "The solution of producing steel followed several distinctly different paths in the ancient Old World. The earliest solution, developed in the eastern Mediterranean, produced steel from low-carbon blooms through carburization. In China, high temperature smelting produced cast iron of high carbon content, and steel through decarburization. Africans, building on both these solutions, developed yet a third pathway which yielded high carbon steel as a smelting product." Van der Merve (1982 : 154)

The iron blooms produced in the various types of african furnaces are of particular importance to this discussion: they seem invariably to have been of medium- or high-carbon steel. [...]

Similar solid state blooms of high carbon content [comparé à celui dont parle Bellamy (1904) à propos des Yorouba] have also been reported for smelting procedures observed in Zimbabwe (Stanley, 1931), Ghana (Pole, 1975, van der Merve, 1980), and Tansania (Schmidt and Avery 1978, Avery and Schmidt, 1979)⁽¹⁾.

A la série de fourneaux à coulage cités ici par van der Merve on peut ajouter celui d'un autre endroit qu'un célèbre explorateur du siècle dernier a observé. D. Livingstone rapporte :

"Here [in Malawi] at every third or fourth village we see a kiln looking structure about six feet high by 2 or 3 feet in diameter. It is a clay fire hardened furnace for smelting iron. No flux is used whether the specular iron, the yellow haematite or magnetic iron ore is fused and yet capital metal is produced. The native manufactured iron is so good that the natives declare English iron to be "rotten" in comparison and specimens of African hoes were pronounced at Birmingham to be nearly equal of the best Swedish iron."⁽²⁾

Même si un total de 5, plus celui de Bandjéli, six exemples⁽³⁾ n'autorisent pas nécessairement à généraliser en affirmant qu' en Afrique de façon générale, on fabrique ces aciers ayant une haute teneur en carbonate, les observations de van der Merve conduisent cependant à l'hypothèse que, pour un certain nombre de fourneaux qui, en règle générale, sont de grands fourneaux cylindriques, on fabrique directement cette qualité d'acier.

Evidemment, à coté de ceux-là, il y avait aussi dans plusieurs localités, des fourneaux plus petits qui produisaient vraisemblablement des aciers de faible teneur en

(1) Van der Merve (1982:153f) rapporte aussi ses expérimentations faites au Malawi avec des fourneaux qui, dans leurs dimensions (hauteur : 2,3m, diamètre : entre 0,85m et 0,50m) atteignent presque exactement la forme des fourneaux de Bandjéli. Même si cette concordance est fortuite, je la considère tout de même comme un indice que les fourneaux de cette forme sont bien appropriés pour produire des aciers de haute teneur en carbonate.

(2) Van der Merve (1982) renvoie à cette source. La citation est tirée de Livingstone, D. and C. Livingstone (1865) : *"Narrative of an Expedition to the Zambesi and its Tributaries ; and the Discovery of Lakes Shirwa and Nyasa "*, London, p.536. Cité ici selon Avery et al. (1988 : 266).

(3) On peut éventuellement y ajouter aussi le grand fourneau cylindrique haoussa que Krieger (1963) a décrit. Toutefois, il manque à ce sujet des analyses du fer produit

carbonate⁽¹⁾ Mais ces fourneaux ont le plus souvent servi pour les besoins locaux ; les grands fourneaux par contre produisaient des quantités relativement grandes de fer, comme l'ont déjà constaté Cline (1937) et Pole (1985).

Il faut aussi remettre en question la thèse de l'unicité de cette "voie africaine"⁽²⁾. Des analyses archéologiques sur la technique européenne de fonte ont montré ces derniers temps que, au plus tard dès le Moyen-Age, on a fabriqué "directement" de l'acier en Europe aussi⁽³⁾, parallèlement aux autres endroits fabriquant du fer plus ductile, ou même déjà de la fonte. Cependant, en Europe, ces fourneaux fabriquant cet acier ont disparu déjà après quelques siècles, sous la pression de la production de masse.

Une importante différence entre les fourneaux à coulage sur les deux continents réside dans le fait qu'il est prouvé que la fonte a été réalisée dans les fourneaux africains fonctionnant sans soufflets⁽⁴⁾. Ceci prouve, selon Avery, l'autonomie de cette évolution en Afrique :

"Induced draft smelting is an unusual technique confined almost entirely to Africa Here it has been reported along a band that stretches from west Africa through the tropical forests of the Congo bassin [...] Most induced draft furnaces produce forgeable iron in a single step; they are usually tall and thus able to heat a considerable amount of ore to high temperatures."⁽⁵⁾

La série d'exemples cités plus haut montre que la fabrication d'aciers de haute teneur en carbonate n'est pas limitée aux fourneaux à admission d'air naturel. Cela semble plutôt être dû à la taille et à d'autres facteurs. Van der Merve interprète cette diversité de fourneaux qui produisent cet acier comme un autre indice de l'âge avancé de cette technologie en Afrique :

(1) Jusqu'à présent, il manque des analyses encore plus précises sur cet aspect de la question. Cependant quelques esquisses isolées autorisent cette hypothèse (Avery et al. 1988 :297).

(2) Van der Merve (19801) parie de "african pathway", dont la technique fut le "direct steel process" Cf. aussi van der Merve & Avery (1982).

(3) Osann (1971) décrit toute une profusion de procédés moyenâgeux de fonte qui aboutissaient partiellement à la fabrication d'aciers de haute teneur en carbonate. A titre d'exemples, on peut citer: les fourneaux du sud de la Suède (acier suédois, fourneaux campagnards, p.42 ss) et les fourneaux yougoslaves (dans le Wochein, p.71 ss). Dans certains cas, en utilisant des minerais tout à fait similaires à ceux du Nord-Togo, on obtenait un nombre ahurissant de détails pareils à ceux des fourneaux de Bandjéli. Cf. à ce sujet-chapitre 3.1.

(4) Mais pour beaucoup de fourneaux européens, la question de l'admission d'air aussi doit être remise en cause. Comme il existe à peine des traces archéologiques de soufflets, on a jusqu'à présent simplement postulé l'existence de soufflets pour les fourneaux de l'époque romaine et moyenâgeuse.

(5) Avery et al. 1988 : 267

"The variety of procedures by which high-carbon blooms are produced at low temperature in Africa, including the use of induced draft furnaces, argues for considerable antiquity of this method and a long period of diversification."⁽¹⁾

Partant des connaissances qui ont été rassemblées sur la production de l'acier dans les vieux fourneaux cylindriques en Europe, je suppose que l'on peut postuler pour la fabrication des aciers africains une série d'autres caractéristiques techniques similaires⁽²⁾, comme c'est le cas pour les fourneaux européens correspondants. Ce sont par exemple, la forme du chargement, la variété du minerai, la procédure de fonte et la composition du laitier. Sur ce point, il manque dans le contexte africain des analyses plus précises, même pour les points de fonte que van der Merve a mentionnés dans la citation ci-dessus.

Mon but n'est pas de présenter ici pour les fourneaux de fer africains une proposition supplémentaire de classification. Mais j'espère avoir montré comment certaines caractéristiques du fourneau, qui sont responsables des particularités fonctionnelles de la procédure de fonte, conduisent à l'importance particulière de la technique sidérurgique, comme on peut la voir au Nord-Togo. Sur la base de ces caractéristiques, on peut mettre les fourneaux de Bandjéli en relation avec quelques exemples non seulement en Afrique de l'Ouest, mais aussi en Afrique Centrale. Mais ces similitudes ne doivent pas être comprises comme des indices pour une origine commune. Au contraire, elles sont dues à un certain nombre de facteurs tels qu'on peut les trouver au Togo par exemple. Parmi ces facteurs, il y a les caractéristiques techniques du fourneau, l'existence de minerais appropriés, la qualité des produits, peut-être aussi la possibilité de commercialiser le fer⁽³⁾ produit, et d'autres facteurs encore.

A mon avis, une tentative de constituer des séries de pôles similaires de fonte en Afrique ne peut réussir que partiellement. Les classifications citées ci-dessus ont montré des similitudes entre les fourneaux de fer de Bandjéli et d'autres sur le plan fonctionnel ou formel aussi, et fournissent ainsi des indications précieuses pour la compréhension des particularités techniques singulières, en comparaison avec les

(1) Van der Merve and Avery 1982 : 154

(2) Ceci ne signifie nullement qu'on émet une affirmation quelconque sur une origine commune qui, au contraire me paraît à exclure. Le fait que l'on obtient -ou que l'on a obtenu- en Europe et en Afrique un produit similaire dans un fourneau de forme similaire permet cependant de supposer d'autres points communs.

(3) Cline (1937) n'est pas le seul à lier cette caractéristique aux grands fourneaux : Goucher aussi (1985 : 9) a établi une carte en prenant pour base l'expansion de l'acier en provenance de la région de fonte, en liaison avec la quantité qui y est produite. Sur cette carte sont mentionnés, outre Bassar, le Fouta Djallon, Mema, Tarouga, Meroe, Bubaya et deux autres localités comme "African metallurgical centers".

autres techniques métallurgiques en Afrique. Cependant, elles ne se réfèrent le plus souvent qu'à un seul ou à quelques critères seulement, et ne répondent donc pas aux exigences d'une description adéquate. Mon objectif à travers ce travail a été de faire une description aussi complète que possible de la fonte chez les Bassar, pour permettre ainsi une compréhension plus en profondeur de la sidérurgie régionale au Nord-Togo. Si, ce faisant, de nouvelles connaissances sur les aspects historiques et techniques de cette question complexe en Afrique ont pu apparaître, ces résultats sont évidemment les bienvenus.

BIBLIOGRAPHIE

Liste des abbreviations des titres de revues

BIFAN	Bulletin de l'Institut Francais d'Afrique Noire
DocCERK	= Documents du Centre d'Etude et de recherche de la Kara (1967-68)
JISI	Journal of the Iron and Steel Institute
MFGdS	Mitteilungen von Forschungsreisenden und Gelehrten aus den deutschen Schutzgebieten (Ed.: Freiherr von Dankelmann)
NA	Notes africaines
RE	Review of Ethnology (Vienne)
T.C.	Togo - Cameroun (Ed.: Agence économique des colonies autonomes et des territoires africains sous mandat, Paris)

Alexander. J. (1980): "The spread and development of iron-using in Europe and Africa", in : Proceedings VIII Panafriican Congr. Prehistory Quaternary studies, p.327-330.

Amborn, Herrmann (197[^]): "Die Bedeutung der Kulturen des Niltab für die Eisenproduktion im subsaharischen Afrika", Studien zur Kdrturkunde, T.39, Wiesbaden

Avery, Donald H.; Nikolaas J. van der Merve und Sharma SaitowHz (1988): "The metallurgy of the iron bloomery in Africa", in : Papers of the second conference of the beginning of the use ofmetalls and alloys, Massachussets

Bachmann, Hans Kurt und Sandra Zacharias (1983): "Iron smelting in Western Africa: Ivory Coast", in: Journal Historical Metallurgy Society 17 (1), p. 1-3

Barros, Philippde (1983): "IronindustryoftheBassar", in: NyameAkumaNr.23, p.32-35

— (1985): "The Bassar : Large scale iron producers of the West African savanna", These de doctorat, Ann Arbor

- - (1986): "Bassar: a quantified, chronologically controlled, regional approach to a traditional iron production centre in West Africa", in: Africa 56 (2), p. 148-173)

- (1988): "Societal repercussions of the rise of large- scale traditional iron production : a West African example", in : The African Archaeological Review, 6, p.91-113

- Bellamy, C. V. (1904): "A West-African smelting house", in : J/57 56,p.99-126
- Bérard, M (1951): "La métallurgie Bassari au Togo français", in : Conf.Int. des Africanistes de l'Ouest, III, Tome 2, p.231-235
- Celis, Georges (1991): "Eisenhütten in Afrika/Les fonderies..." (Ed.: Museum für Völkerkunde, Francfort/M.
- Childs, S. Terry and Peter R. Schmidt (1985): "Experimental iron smelting: The genesis of a hypothesis with implications for African Prehistory and History", in : Haaland 1985, p.121-141
- Cline, W. (1937): "Mining and Metallurgy in Negro Africa", in : General Series in Anthropology 5, Wisconsin
- Cornevin, Robert (1962): "Les Bassari du Nord Togo", Paris
- Cridd, B. (1967): "Technique de construction des cases et artisanat chez les Kabyè", in : Doc.CERKI, Lama-kara, p.61-71
- Dalziel, J.M. (1948): "The useful plants of West tropical Africa", 2 1, Londres
- Deutsches Kolonialblatt (1901): Jahresbericht über die Entwicklung der deutschen Schutzgebiete im Jahre 1899/1900", in : Beilage zum Deutschen Kolonialblatt 1901, Berlin
- Doering, von (1895): Reiseberichte aus den Jahren 1893-1895", in : MPGdS 8, p.233-271, Berlin
- Doat, J. (1975): "La carbonisation des bois tropicaux", in : Bois et forêts des Tropiques, Nr 159, p.55-71
- Dugast, Stephan (1986): "La pince et le soufflet", in .Journal des Africanistes, vol.56 (2), p.29-60
- Dunglas, E. (1942): "Métallurgie ancienne [au Nord-Dahomey]", in : NA, 13 (jan.), p.3
- Durain, (captain) (1968): "Les arts décoratifs dans le cercle de Sokodé" (rédigé à Bassari le 19 octobre 1925), in : Doc.CERKU, Lama-Kara, p.224-237

- Echard, Nicole (Ed.) (1983): *"Metallurgies africaines"*, Mémoires de la Société des Africanistes 9, p.30-54
- Fagg, William (1952). "Ironworking with a stone hammer... in Northern Nigeria", in : *Man* (April) 1952, p.51-53
- Fisch, Rudolf (1911): *"Nord-Togo und seine westliche Nachbarschaft"*, Basel
- Fluzin, Philippe (1983): "Notions élémentaires de sidérurgie", in : *Echard* (1983), p. 13- 44
- Foy, W. (1909): "Zur Geschichte der Eisentechnik", in : *Ethnologica I*, p.200f, Leipzig
- Francis-Boeuf, Qaude (1937): "L'industrie autochtone du fer en Afrique Occidentale française", in : *Bulletin du Comité des Etudes historiques XX*, p.403-464
- Frobenius, Leo (1913): *"Und Afrika sprach ..."*, T.3: *"Unter den unsträflichen Äthiopen"*, Berlin
- - (1924): *"Volksdichtungen aus Oberguinea"*, T.1 *"Fabuleien dreier Völker"*, Atlantis T.II, Jena
- Froehlich, Jean Qaude (1968): "Les montagnards paléonigritiques", Paris
- Gardi, René (1969): *"Unter afrikanischen Handwerkern"*, Bern
- Goucher, Candice Lee (1983): "Technological change in Bassar iron production", in: *Nyame Akuma* 23, p.36
- - (1985): *"The iron industry of Bassar"*, Thèse de doctorat, Ann Arbor
- Haaland, Randi (Ed.): (1985): *"African Ironworking - ancient and traditional"*, London
- Haberland, Eike (1961): "Eisen und Schmiede in Nordost-Afrika", in: *Beiträge zur Völkerforschung; Jahrbuch des Museums für Völkerkunde zu Leipzig*, Berlin, p.191-210
- Hahn, Hans P. (1991): *"Die materielle Kultur der Bassar"*. Arbeiten aus dem Seminar für Völkerkunde der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt/M., T.24, Frankfurt/M.

- Herbert Eugenia W. (1988) "*Paradigms of Procreation. Gender and Technology in African iron working*" (Manuscript), Bellagio
- Herbert, Eugenia W. & Goucher, Candice (1987): "*The blooms of Banjeli: Technology and Gender in West african ironworking*", Video-Film 28 nun. and Resource Guide, Watertown.
- Hinderung, Paul (1955): "Schmelzofen und Eisenverarbeitung in Nordkamerun", in : *Stahl und Eisen* 75, p. 1263-66
- Horstmann, Dietrich (1985): "*Zustandschaubild Eisen - Kohlenstoß*", Düsseldorf
- Hupfeld, Fr. (1899): "Die Eisenindustrie in Togo", in: *MFGdS* 12, p.175-191
- — (1899b): "Land und Leute in Bassari", in: *Beiträge zur Colonialpolitik und -wirtschaft 1899-1900*
- Jeffrey, M.D. W. (1948): "Stone age smiths", in: *Archiv für Völkerkunde* III, p 1-9
- Kachinsky, V. (1933): "Les gisements de fer au Togo", in: *Togo- Cameroun*, octobre 1933, p.179-185
- Kense, Francois J. (1983): "*Traditional iron Working*", African Occasional Papers Nr 1, Calgary
- - (1985): "The Initial diffusion of iron to Africa", in: *Haaland* 1985, p. 11-27
- Klose, Hr. (1899): "*Togo unter deutscher Flagge*", Berlin
- (1904): "Industrie und Gewerbe in Togo", in. *Globus* 85, p.69-73 et p.89-93
- Klusemenn, Kurt (1924): "Die Entwicklung der Eisengewinnung in Afrika und Europa", in: *Mitteilungen der Anthropologischen Ges. Wien* 54, p. 120-139
- Koert, W. (1906): "Das Eisenerzlager in Banjeli", in: *MFGdS* 19, p. 111-125
- Krieger, kurt (1963) "Notzen zur Eisengewinnung der Hausa", in : *Zeitschrift für Ethnologie* (88), p. 318-331
- Kröger, Franz (1992): "Das Schmicdehandwcrk der Balsa in Nord-Ghana", in: *Landschaftsv. Westfalen-Lippe* (Ed.) "Zwei Eisen im Feuer", Münster, p. 11-32

- Luschan, Felix (1909): "Eismlechnik in Afrika", in: Zeitschrift für Ethnologie I, p.22-53 et p. 104
- Marqueissac, Henri de (1935): "Les Cabrais", in. F.Cjanv. 1935, p.3-67
- Martinelli, Bruno (1982): "Métallurgistes Bassar", Thèse de doctorat, Etudes et Documents de Sciences Humaines Nr.5, Lomé
- Mauny, Raymond (1952): "Essai sur l'histoire des métaux en Afrique Occidentale", in: *W14*(2), p.545-595
- Maurice, Albert (1958): "Vestiges du Néolithique et croyances au Nord-Dahomey", in: *A4* 79 (juillet), p.67-72
- Merve, Nikolaas J. van der (1980a): "Production of high carbon steel in the African iron age: the direct steel process", in: Proceedings VIII Panafrican Congress Prehistory Quaternary studies, p. 331 -334
- ____ (1980b): "The advent of iron in Africa", in: Wertime, T.E. and J.D. Muhly (Ed.): The coming of the age of iron", Yale, p.463-506
- Merve, Nikolaas J. van der & Donald H. Avery (1982): "Pathways to steel", in: *American scientist* 70 (2), p. 146-155
- Metzger, Oskar Fritz (1941): "Unsere alte Kolonie Togo", Neudamm
- Michels-Gebler, R. (1984): "Schmied und Musik", Bonn
- Morton, G.J.L and Wingrove, J. (1969,1972): "Constitutions of bloomery slags: Part 1: Roman", in: *JISI*207, p. 1556- 64, et Part 2: Medieval", in: *JISI*210, p.478-88
- Naughton, Mc (1988): "The mandé Blacksmiths", Bloomington
- Nikulka, Frank (1990): "Eisenerzverhüttung im Experiment", in: Experimentelle Archäologie in Deutschland. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 4, p. 377-393
- Nikulka, Frank et al. (1991): "Hohlblechgewinnung im Experiment", in: Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 6, p.365-391
- Noten, Francis van & Ian Raymakers (1988): "Frühe Eisengewinnung in Zentralafrika", in: *Spektrum der Wissenschaft*, Août 1988, p. 114-121

- Osann Bernhard (1971): *"Rennverfahren und Anfänge der Roheisenerzeugung : Zur Metallurgie und Wärmetechnik der alten Eisengewinnung"*, Fachausschußbericht Nr.9001 des Fachausschusses für Geschichte des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, Textband und Tafelband, Düsseldorf
- Pleiner, Radomir (1966): "Otazka Prime Vyroby Ocele u Protohistoricke Techniky", ("Zur Frage der Stahlgewinnung im Rennfeuer"), in: *Kovove Materialny* IV, 2, p.208-220
- (1991). "Bemerkungen zu einigen Schmelzversuchen in frühmittelalterlichen Rennöfen in der Tschechoslowakei", in: *Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland Beiheft* 6, p.323-329
- Pole, L. (1974): "Iron smelting in Northern Ghana", in: *National Museum of Ghana occasional papers* 6-8, p.5-40, Accra
- (1982): "Decline or survival ? Iron production in Westafrican: *Journal of African History*, 23, p.503-513
- (1985): "Furnace design and the smelting operation: A survey of written reports of iron smelting in West Africa", in: *Haaland* 1985, p. 142-163
- Poncet, Yveline (1983): "Minerais et exploitations métallurgiques: une réflexion géographique", in: *Echard* 1983, p. 199-208
- Rattray, R.S. (1916): "The iron Workers of Akpafu", in: *The Journal of the royal anthropological institute of Great Britain and Ireland* 46, p.431-435
- Samtouma, Isaaka (1990); *"La métallurgie ancienne du fer dans la région de Koumbri (Yatenga, Burkina Faso), Etudes sur l'histoire et l'archéologie du Burkina Faso"*, vol. 4, Stuttgart
- Sassoon, Hämo (1964): "Iron-Smelting in the Hill village of Sukur, North-Eastern Nigeria", in: *Mi* « Nr 215, p. 174-178
- Schmitz-CHever, Guido (1979): *"Schmiede in Westafrika"*, Munich
- Schnee, Heinrich (1920): *"Deutsches Koloniallexikon"*, Leipzig
- Schomburgk, Hans (1922): *"Bwakukama. Fahrten und Forschungen mit Büchse und Film im unbekannten Afrika"*, Berlin

- Schürmann, Eberhard** (1958). "Die Reduktion des Eisens im **Rennfeuer**", in: *Stahl und Eisen*, Heft 19, année 78, p. 1297-1308
- Schuster, W.F.** (1969): "*Das alte Metall- und Eisenschmelzen*", Technologie und Zusammenhänge: Technikgeschichte in Einzeldarstellungen T. 12 (Ed.: Verein Deutscher Ingenieure), Düsseldorf.
- Shaw, Thurstan** (1969): "An iron-smelting furnace excavated in Ghana", in: *Bulletin of the historical metallurgical group* 3 (2), p.48-54
- Sicre, (Capitaine)** (1968): "L'artisanat, l'industrie et le commerce dans le cercle de Sokodé", (texte daté du 9 décembre 1918), in: *Doc. CERKII, Lama-Kara*
- Sosson, **A.** (1971): "Togo... un puzzle qui prend forme", in: *Vivant univers*, Nr 277, p. 1-26
- Stanley, G.H.** (1931): "Some products of native iron smelting", in: *South African Journal of Science*, vol. XXVI H, p.131-134
- Sutton, **J.E.G.** (1985): "Temporal and spatial variability in African iron furnaces", in: *Haaland* 1985, p. 164-196
- Thornton, John** (1990): "Precolonial african industry and the atlantic trade, 1500 - 1800", in: *African Economic history*, N° 19, p.1-19
- Tunis, A.** (1991): "Die Nawdba von Tenega: Traditionelle Weltsicht", in: *Baessler* 1991, p.303-424
- Tylecote, **R.F.** (1981): "*77K; earliest iron in Europe*", H. Haefliger (Ed.): "Frühes Eisen in Europa", Schaffhausen, p.21-24
- (1965): "Iron smelting in pre-industrial communities", in: *JISI* 203, p.340-348
- Verdier, **Raymond** (1982): "*Le pays Kabyè (Togo) - Cité des dieux, cité des hommes*", Paris
- Williams, Denis (1974): "*Icons and Image. A study of sacred and secular forms of african classical art*", Londres
- Wyckaert, R.P. (1914): "Forgerons païens et forgerons chrétiens au Tanganika", in: *Ann. Inst. Archéol.* 30, p.371-380

- Wynne E.J. & R.F. Tylecote (1958): "An experimental investigation into primitive iron-smelting Technique", in J/57190, p.339-347
- Zech, v. (1896): "Vermischte Noten über Togo und das Togohinterland", in: *MFGdS* 9,p.89-161
- Zwernemann, Jürgen (1978): "*Hans Schomburgk im deutschen Sudan*", Publikationen zu wissenschaftlichen Filmen, Sektion Ethnologie, Serie 8 (3), Göttingen

ANNEXE : ANALYSE MÉTALLOGRAPHIQUE DU FER BRUT (par I. Gräf)

Cette analyse métallographique a été effectuée sur un échantillon de fer brut d'un diamètre d'environ 3 cm, produit dans un fourneau en terre construit spécialement à cet effet. Cet échantillon de fer brut avait une apparence spongieuse et était par ailleurs fortement chargé d'oxydes. Sur cet échantillon on a pratiqué en un endroit quelconque une coupe transversale, puis on a effectué au microscope lumineux l'analyse métallographique d'une face polie.

En dehors du fait que cet échantillon poli présentait des pores relativement nombreux ainsi que des inclusions oxydiques, on a pu observer presque toutes les variétés d'assemblage comme on en voit dans les aciers non traités à la chaleur et ayant une teneur en carbone allant de 0,20% envir. à 2% envir. On a pu constater, particulièrement dans les zones périphériques, des structures d'assemblages extrêmes, c'est-à-dire celles qui ont une très faible ou une très haute teneur en carbone (pour l'explication des différents assemblages, cf. ci-dessous). D'une part, on peut voir (**photo 1**) dans les zones périphériques, des grains de ferrite particulièrement gros (zone claire) avec des portions de perlite (zone colorée d'un gris irrégulier) dans leurs fourchettes (=vrilles). Sur la partie supérieure de la photo, dans la région contigüe aux assemblages de l'acier, on peut voir encore de l'oxyde de fer avec quelques résidus de ferrite dans les zones claires. L'autre structure d'assemblage extrême située dans les zones proches de la périphérie est un assemblage comportant un réseau schématique de cémentite qui, normalement est d'apparence claire, mais teinté à l'acide nitrique pour identification, apparaît ici en couleur sombre (**photo 2**). Le réseau de cémentite entoure les grains de matrix composés de perlite en lamelles.

Après les zones périphériques essentiellement ferritiques et pauvres en carbone, on observe en direction du milieu de l'échantillon, d'abord un assemblage de ferrite et de perlite, "structure de Widmannstätten" en forme d'aiguillettes, comme le montre de façon exemplaire la **photo 3**. Au fur et à mesure qu'on avance vers le milieu de l'échantillon, la teneur en carbone augmente et la quantité d'aiguillettes de ferrite diminue. Par endroits, cette "structure de Widmannstätten" composée de ferrite et de perlite commence déjà à la périphérie. De même, le réseau de cémentite disparaît au fur et à mesure que la teneur en carbone diminue, et ce, avec un intervalle de plus en plus grand en partant de la périphérie, si bien que nous sommes en présence d'un assemblage perlitique fondamental de plus en plus pur, comme l'illustre la **photo 4**. Cette structure représente envir. 70% de l'ensemble et constitue l'élément principal de l'échantillon analysé.

La perlite est une variété de cristal qui, en se refroidissant, perd simultanément aussi bien de la ferrite que de la cémentite qui partent en une mixture fine et lamellaire (visible uniquement au microscope lumineux après de très importants agrandissements), et dont la teneur en carbone s'élève à 0,8%. La dureté de la perlite dépend, entre autres, du degré de finesse des intervalles entre les lamelles, et peut supporter des valeurs comprises entre env. 200 HV⁽¹⁾ et env. 350 HV. Par ailleurs, la ferrite est une phase qui, à l'état solide et à la température ambiante, ne perd que 0,02% de carbone, les grains de ferrite sont très friables et atteignent en général une dureté d'env. 100 HV. Par contre, la cémentite est un alliage intermétallique très dur composé de Fe₃C qui a une dureté de plus de 800 HV. Lorsque la cémentite se présente sous la forme d'un réseau schématique, il provoque une fragilisation du matériau. De même, une "structure de Widmannstätten" schématique provoque une certaine fragilisation du matériau. "Structure Widmannstätten" est le terme désignant une forme spéciale d'apparition de la structure de la perlite. Il s'agit en l'occurrence d'une formation de structure qui naît du surchauffement ou d'un rapide refroidissement des métaux ayant moins de 0,8% de carbone, provoquant alors l'apparition de la ferrite à certains niveaux cristallographiques précis. La dureté dépend alors des proportions de ferrite et de perlite, et peut s'élever, selon une estimation approximative, à des valeurs comprises entre env. 150 et 250 HV.

L'analyse métallographique de la structure de l'échantillon de fer brut permet de conclure que pendant la fonte, des conditions aussi bien de réduction que d'enrichissement en carbone prédominaient nécessairement dans le fourneau. Elles ont, provoqué en particulier dans les zones proches de la périphérie, la synthèse d'une structure très irrégulière. Cette synthèse varie de la structure presque purement ferritique, d'une infime teneur en carbone, jusqu'à une structure comprenant un réseau schématique de cémentite. Ici, selon l'observation au microscope lumineux, la teneur en carbone pourrait être estimée jusqu'à 2%. Le carbone est fixé par la cémentite et se trouve donc dans le Fe₃C. Les irrégularités dans les structures de l'assemblage sont en général éliminées par forgeage. Dans le cas du métal de fer produit dans le fourneau en terre, il s'agit de l'acier, si l'on se réfère aux composantes qui doivent être révélées par la structure. Par définition, l'acier c'est du fer forgeable dont la teneur en carbone ne dépasse pas 2,06%.

(1) HV = "dureté sur l'échelle de Vicker" : (sur l'échelle de Vicker) les degrés de dureté du fer ou de l'acier vont d'env. 100 à 500.

Photo 1 : Zone périphérique décarburée, avec de gros grains de ferrite et de perlite dans les fourchettes, ainsi que de l'oxyde de fer avec des restes de ferrite dans la zone contigüe. Révélateur: acide de picrine alcoolisé; agrandissement: 200: 1

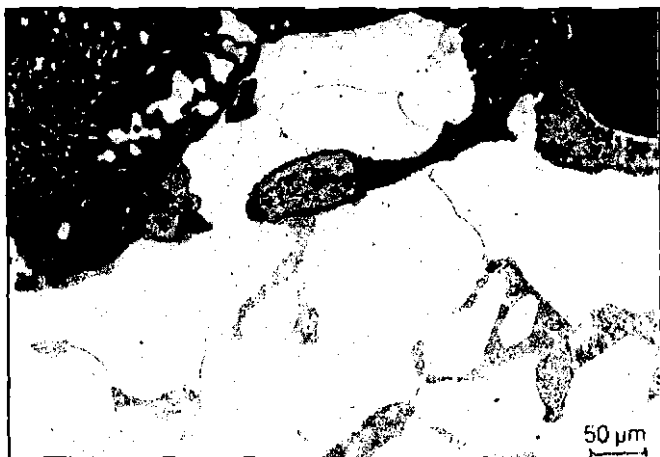


Photo 2 : Zone périphérique enrichie en carbone, avec une masse principale de perlite et un réseau schématique de cémentite.

Révélateur: solution alcalique de picrate de sodium; agrandissement: 200: 1

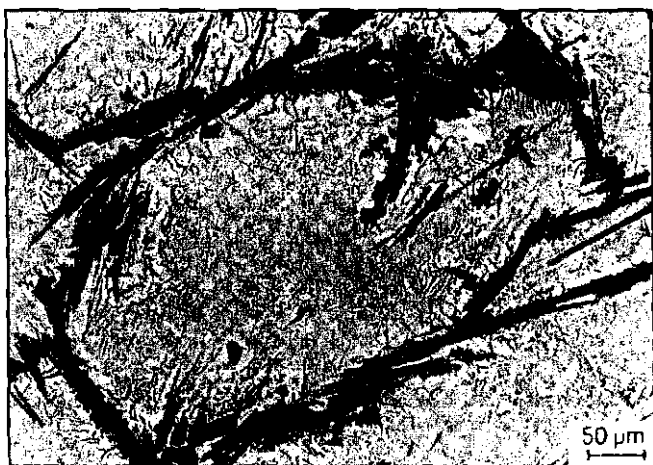


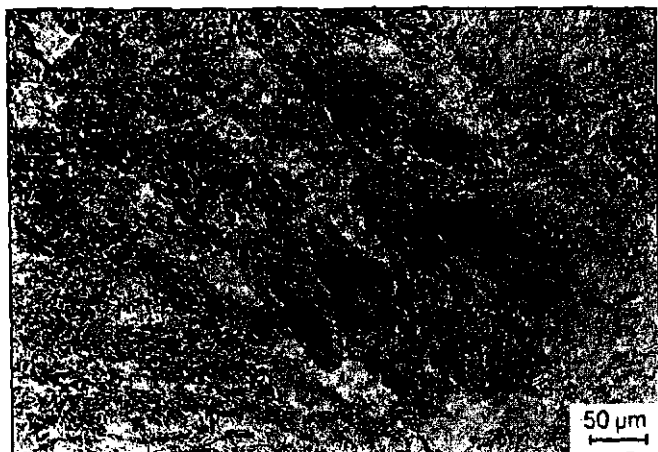
Photo 3: Ferrite et perlite en forme de "structure de Widmannstätten".

Révélateur : acide de picrine alcoolisé.



Photo 4: Structure perlitique principale au milieu de l'échantillon.

Révélateur: acide de picrine alcoolisé; agrandissement: 200:1



LISTE DES ILLUSTRATIONS ET CARTES SUR LES TECHNIQUES DU FER AU NORD-TOGO

- Préface : Carte 1 : Carte des ethnies du Togo.....	7
- Fig. 1 : Les fourneaux de Bandjéli au tournant du siècle.....	8
- Fig. 2 : Une série de loupes (extrait de Schnee 1910) (Extrait de Meyer 1910).....	8
-1.1 - Carte 2: Fonderies révélées par des fouilles archéologiques (extrait de Barros).....	10
-1.2 - Carte 3 : Forges et fonderies des Bassar.....	11
-1.3 - Carte 4: Zones couvertes par le fer provenant de Bandjéli (Extrait de de Barros 1986).....	23
- Carte 5 : Zones couvertes par le fer: relations commerciales dans le proche voisinage.....	24
-2.1.1 - Fig. 3 : Le fourneau de Bandjéli.....	38
- Fig. 4 : Structure du mur du fourneau (vu d'en haut).....	39
- Fig. 5 : Coupe transversale du mur du fourneau.....	39
- Fig. 6 : Traçage du plan de base (photo).....	40
- Fig. 7 : Construction du mur (photo).....	40
- Fig. 8 : Saupoudrage de la paroi extérieure avec de la poudre d'argile.....	41
- Fig. 9 : Mesurage des distances pour les trous des tuyères (photo).....	41
- Fig. 10 : Aménagement de l'entrée du fourneau (photo).....	42
- Fig. 11 : Crépissage de la paroi intérieure du fourneau (photo).....	42
- 2.1.2 - Fig. 12 : Coupe longitudinale du fourneau rempli.....	59
- Fig. 13 : Coupe transversale du fourneau rempli.....	60
- Fig. 14 : Coupe transversale au niveau des tuyères.....	60
- Fig. 15 : Préparation du minerai: concassage (photo).....	61
- Fig. 16 : Fabrication des tuyères (photo).....	61
- Fig. 17 : Chargement du fourneau (photo).....	62
- Fig. 18 : Après allumage du fourneau on dessine une bande blanche autour du «ventre» du fourneau (photo).....	62
- Fig. 19 : Piquage du laitier liquide (photo).....	63
- Fig. 20 : Morceau de loupe avec du fer (photo).....	63

Fig. 21 : Plan d'un atelier de forge des Kabyè.....	82
Fig. 22 : . Plan d'un atelier de forge des Nawdéba.....	82
Fig. 23 : Le soufflet (présentation schématique).....	83
Fig. 24 : Fragments de loupes destinés au forgeage à Tcharé (photo).....	84
Fig. 25 : Fabrication des boules d'argile ferreuse à Tcharé (photo).....	84
Fig. 26 : 6 boules d'argile ferreuse contenant chacune environ 0,5kg de fer (photo).....	85
Fig. 27 : Boule incandescente d'argile ferreuse dans le feu du forgeron (photo).....	85
- Fig. 28 : Utilisation du marteau en pierre par l'ouvrier (photo).	86
- Fig. 29 : Une houe usée dans une concession à Kouméa (photo).....	86
- Fig. 30 : Torsage d'une barre de fer (photo).....	87
- Fig. 31 : Manipulation des soufflets (photo).....	87
- Fig. 32 : Coupe transversale sommaire de la base du fourneau.....	91
- Fig. 33 : Là répartition de la température à l'intérieur du -, fourneau (selon Childe & Schmidt 1985, modifié) ...	96
- Fig. 34 : Matériaux de combustion/Température - Temps diagramme'.....	101
- Fig. 35 : Coupe transversale sommaire d'un fragment de loupe.....	117
- Fig. 36 : Fragment de loupe entamée (photo).....	117
- Fig. 37 : Photo macroscopique : fer brut (agrandissement 50 et 100 fois).....	122
- Fig. 38 : Photo macroscopique : fer forgé (agrandissement 50 et 100 fois).....	123
- Fig. 39 : Classification des soufflets africains (selon Amborn 1976).....	140
- Carte 6 : Zones d'extension des soufflets au nord-Togo	141
- Fig. 40 : Phases des mouvements pendant la manipulation du marteau en pierre.....	142
- Fig. 41 : Affûtage d'un marteau en pierre (photo).....	142
- Fig. 42 : Divers outils du forgeron (photo).....	143

TABLE DES MATIERES

PREFACE	5
1. INTRODUCTION : IMPORTANCE RÉGIONALE ET SUPRARÉGIONALE DES TECHNIQUES SIDÉRURGIQUES	9
1.1 Aperçu de l'évolution historique de la fonte du fer	9
1.2 Fondements économiques	12
1.3 Réseaux commerciaux proches et lointains	19
2. PRÉSENTATION CHRONOLOGIQUE DU PROCESSUS DE LA FONTE ET DU FORGEAGE	25
2.1 Le déroulement des travaux à Bandjéli	25
2.1.1 La construction du fourneau (Novembre 1988)	26
2.1.2 La fonte (décembre 1988)	43
2. 2 Technique de forge chez les Kabyle et les Nawdéba	64
2. 2.1 Traitement de la fonte brute et fabrication de lames de houe	64
2.2.2 Remise à neuf et transformation des lames de houe usagées à Baaga	75
3. ANALYSE DU PROCÉDÉ TECHNIQUE	89
3.1 Fonte : la structure du fourneau et le déroulement de la fusion	89
3.2 Matière de base : le minerai de fer	104
3.3 Le combustible : charbon de bois et bois	107
3.4 Le procédé de la fonte : les différentes sortes de laitier	111
3.5 Le produit semi-fini : la fonte brute	118
3.6 Les forges : l'atelier du forgeron et les techniques du travail du fer	124
4. CONCLUSION : LA FONTE AU NORD-TOGO COMPARÉE AVEC D'AUTRES TECHNIQUES DE FONTE	145
Résumé : Les particularités techniques de la fonte à Bandjéli	
Essais d'une classification formelle et fonctionnelle des fourneaux de fer de l'Afrique de l'Ouest	147
BIBLIOGRAPHIE	161
Liste des abréviations des titres de revues	
Annexe. Analyse métallographique du fer brut (par I. Gräf)	169
Liste des illustrations et cartes sur les techniques du fer au Nord-Togo	173